



TUGAS AKHIR - SS 141501

**PENGENDALIAN KUALITAS TETES TEBU DI
PG TJOEKIR JOMBANG MENGGUNAKAN PETA
KENDALI *MULTIVARIATE TIME SERIES***

EKA RAHMADINA WIDIYANTORO
NRP 062116 4500 0007

Dosen Pembimbing
Diaz Fitra Aksioma, M.Si.
Novri Suhermi, S.Si, M.Sc.

PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



TUGAS AKHIR - SS 141501

**PENGENDALIAN KUALITAS TETES TEBU
DI PG TJOEKIR JOMBANG MENGGUNAKAN PETA
KENDALI *MULTIVARIATE TIME SERIES***

**EKA RAHMADINA WIDIYANTORO
NRP 062116 4500 0007**

**Dosen Pembimbing
Diaz Fitra Aksioma, M.Si.
Novri Suhermi, S.Si, M.Sc.**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



FINAL PROJECT - SS 141501

**QUALITY CONTROL OF MOLASSES
AT PG TJOEKIR JOMBANG WITH MULTIVARIATE
TIME SERIES CONTROL CHART**

**EKA RAHMADINA WIDIYANTORO
SN 062116 4500 0007**

**Supervisors
Diaz Fitra Aksioma, M.Si.
Novri Suhermi, S.Si, M.Sc.**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS, COMPUTING, AND DATA SCIENCE
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGENDALIAN KUALITAS TETES TEBU DI PG TJOEKIR JOMBANG MENGGUNAKAN PETA KENDALI *MULTIVARIATE TIME SERIES*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Program Studi Sarjana Departemen Statistika
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

EKA RAHMADINA WIDIYANTORO

NRP. 062116 4500 0007

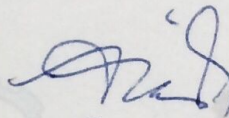
Disetujui oleh Pembimbing:

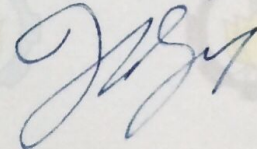
Diaz Fitra Aksioma, M.Si.

NIP. 19870602 201212 2 002

Novri Suhermi, S.Si, M.Sc.

NIP. 1992201711035

()

()

Mengetahui,
Kepala Departemen



Dr. Suhartono

NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2018

**PENGENDALIAN KUALITAS TETES TEBU
DI PG TJOEKIR JOMBANG MENGGUNAKAN
PETA KENDALI *MULTIVARIATE TIME SERIES***

Nama : Eka Rahmadina Widiyantoro
NRP : 062116 4500 0007
Departemen : Statistika FMKSD ITS
Pembimbing : Diaz Fitra Aksioma, M.Si.
Novri Suhermi, S.Si, M.Sc.

Abstrak

PG Tjoekir Jombang memiliki 7 stasiun pengolahan dalam melakukan pengolahan tebu menjadi gula pasir. Produk sampingan yang dihasilkan adalah tetes tebu. Tetes tebu yang dihasilkan harus memiliki kandungan sukrosa yang rendah, sehingga gula yang dihasilkan tidak kehilangan sukrosa yang banyak. Tetes tebu diukur dengan dua karakteristik kualitas, yakni persentase Brix dan persentase HK. Dalam proses produksi gula di PG Tjoekir Jombang, tetes tebu yang dihasilkan teridentifikasi memiliki hubungan antar pengamatan sehingga dalam melakukan pengendalian kualitasnya tidak dapat digunakan peta kendali konvensional. Oleh karena itu, pengendalian kualitas dilakukan dengan menggunakan peta kendali multivariat time series pada residual dari model terbaik yang diperoleh pada model VARI(30,1). Hasil analisis menunjukkan pada peta kendali MEWMV diperoleh pembobot optimum $\omega=0,1$ dan $\lambda=0,2$ menunjukkan variabilitas proses yang belum terkendali. Serta, pada peta kendali MEWMA dengan pembobot optimum sebesar $\lambda=0,9$ menunjukkan rata-rata proses yang tidak terkendali pula. Penyebab teridentifikasi adalah pada faktor mesin yang berhenti.

Kata Kunci : Autokorelasi, MEWMA, MEWMV, Tetes, VARI.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**QUALITY CONTROL OF MOLASSES
AT PG TJOEKIR JOMBANG WITH MULTIVARIATE
TIME SERIES CONTROL CHART**

Name : Eka Rahmadina Widiyantoro
Student Number : 062116 4500 0007
Department : Statistics
Supervisors : Diaz Fitra Aksioma, M.Si.
Novri Suhermi, S.Si, M.Sc.

Abstract

PG Tjoekir Jombang has 7 processing stations in processing sugar cane into sugar. The secondary products are molasses. The molasses must have low sucrose level, so that the level of sucrose which has lost from sugar is not much. Molasses are measured in two quality characteristics, namely percentage of Brix and percentage of HK. In the process of sugar production in PG Tjoekir Jombang, Molasses that produced in time has the autocorrelation in process data, so in order to control the quality, conventional control chart can not be used. Therefore, multivariate time series control chart is used based on the residual from the best model, VARI(30,1). The variability process from MEWMV control chart is out-of-control by using the optimum weight $\omega=0,1$ and $\lambda=0,2$. The mean process from MEWMA control chart is out-of-control as well by using the optimum weight $\lambda=0,9$. The cause of the out-of-control process due to the machine factor.

Keywords : Autocorrelation, MEWMA, MEWMV, Molasses, VARI.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Pengendalian Kualitas Tetes Tebu di PG Tjoekir Jombang Menggunakan Peta Kendali *Multivariate Time Series***”. Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar karena tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Diaz Fitra Aksioma, M.Si. dan Bapak Novri Suhermi, S.Si, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan dengan sabar serta memberikan dukungan yang sangat besar bagi penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Suhartono, M. Sc. selaku Kepala Departemen Statistika ITS yang telah menyediakan fasilitas untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, M.T. dan Bapak Dr. Drs. Agus Suharsono, M.S. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran-saran untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dra. Madu Ratna, M.Si. selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat, motivasi, serta bimbingan kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan.
5. Seluruh dosen Departemen Statistika ITS yang telah memberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan, beserta seluruh karyawan Departemen Statistika ITS yang telah membantu kelancaran dan kemudahan dalam pelaksanaan kegiatan perkuliahan.
6. Pihak PTPN X dan PG Tjoekir Jombang yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk dapat melaksanakan Tugas Akhir di PG Tjoekir Jombang
7. Ayah tercinta Ir. Widiyantoro dan Ibu tersayang Ir. Anna Susanti atas doa, kasih sayang, dukungan, semangat dan

segalanya yang telah diberikan untuk penulis sehingga menjadi mudah dan dilancarkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. Adik tersayang Devy Nikita Widiyantoro yang selalu menghibur dan meluangkan waktunya disaat penulis membutuhkan hiburan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
9. Sahabatku tercinta, Al Velian Suci Hadi Widarwis dan Julia Permatasari yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan serta mendengarkan curahan hati penulis ketika penulis sedang dalam kondisi “*low motivation*” dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Sahabat – sahabat perjuangan LJ 2016, dan senior-senior dari Departemen Statistika ITS serta rekan – rekan Mazarzo serta yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis yang telah membantu ketika penulis membutuhkan pencerahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Semua pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar berguna untuk perbaikan berikutnya.

Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Manfaat.....	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengendalian Kualitas Pada Data Berautokorelasi.....	7
2.2 Korelasi Variabel	7
2.3 Analisis <i>Time Series</i>	8
2.4 Model <i>Vector Autoregressive</i> (VAR)	9
2.5 Stasioneritas.....	10
2.6 Identifikasi Model <i>Vector Autoregressive</i> (VAR).....	12
2.6.1 <i>Cross-Correlation Matrix Function</i>	12
2.6.2 <i>Partial Autoregression Matrix Function</i>	13
2.7 Estimasi Parameter Model.....	14
2.8 Pemeriksaan Model (<i>Diagnostic Checking</i>) dan Kebaikan Model.....	16

2.9	Pengendalian Kualitas Statistika.....	17
2.9.1	Peta Kendali <i>Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance</i> (MEWMV).....	18
2.9.2	Peta Kendali <i>Multivariate Exponentially Weighted Moving Average</i> (MEWMA).....	24
2.10	Proses Produksi Gula di PG Tjoekir Jombang	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Sumber Data	29
3.2	Variabel Penelitian	30
3.3	Langkah Analisis	30
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pemeriksaan Autokorelasi Karakteristik Kualitas Tetes Tebu	35
4.2	Deskripsi Karakteristik Kualitas Tetes Tebu	37
4.3	Depedensi Hubungan Persentase Brix dan Persentase HK	37
4.4	Pemodelan VAR.....	38
4.4.1	Pemeriksaan Stasioneritas	38
4.4.2	Identifikasi Orde VAR.....	41
4.4.3	Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter	42
4.4.4	Pemeriksaan Diagnostik	47
4.5	Pengendalian Kualitas Tetes Tebu.....	49
4.5.1	Pengendalian Variabilitas Proses dengan Peta Kendali <i>Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance</i> (MEWMV).....	49
4.5.2	Pengendalian Rata-Rata Proses dengan Peta Kendali <i>Multivariate Exponentially Weighted Moving Average</i> (MEWMA).....	54
4.5.3	Identifikasi Penyebab Proses Tidak Terkendali.....	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	65

5.2 Saran 65

DAFTAR PUSTAKA 67

LAMPIRAN 71

BIODATA PENULIS 147

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bagan Alur Proses Pengolahan Gula	25
Gambar 3.1 Diagram Alir	32
Gambar 4.1 <i>Plot ACF</i> (a) Persentase Brix, (b) Persentase HK	36
Gambar 4.2 <i>Time Series Plot</i> Persentase Brix	39
Gambar 4.3 <i>Time Series Plot</i> Persentase HK.....	40
Gambar 4.4 <i>Time Series Plot</i> Persentase Brix Setelah di <i>Differencing</i>	40
Gambar 4.5 <i>Time Series Plot</i> Persentase HK Setelah di <i>Differencing</i>	41
Gambar 4.6 <i>Partial Autoregression Matrix Function</i>	41
Gambar 4.7 <i>Plot ACF</i> Residual (a) Persentase Brix, (b) Persentase HK	48
Gambar 4.8 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,1$	50
Gambar 4.9 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega = 0,2$ dan $\lambda = 0,2$	50
Gambar 4.10 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,2$	51
Gambar 4.11 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,3$	52
Gambar 4.12 Perbaikan Peta Kendali MEWMV dengan $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,2$	54
Gambar 4.13 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,1$	55
Gambar 4.14 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,2$	56
Gambar 4.15 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,3$	56
Gambar 4.16 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,4$	57

Gambar 4.17 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,5$ 58

Gambar 4.18 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,6$ 59

Gambar 4.19 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,7$ 59

Gambar 4.20 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,8$ 60

Gambar 4.21 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,9$ 61

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Transformasi Box-Cox	11
Tabel 3.1 Struktur Data Pengamatan	29
Tabel 3.2 Variabel Pengamatan	30
Tabel 4.1 Karakteristik Kualitas Tetes Tebu	37
Tabel 4.2 Pemeriksaan Stasioneritas Terhadap Varians	39
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Stasioneritas Terhadap Rata-Rata....	39
Tabel 4.4 Nilai <i>Akaike Information Criterion</i> (AIC)	42
Tabel 4.5 Estimasi Parameter Model VARI(30,1).....	43
Tabel 4.6 Hasil Uji Portmanteau Model VARI(30,1).....	47
Tabel 4.7 Pemilihan Pembobot Optimum Peta Kendali MEWMV	53
Tabel 4.8 Pemilihan Pembobot Optimum Peta Kendali MEWMA	62

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A	Data Proses Produksi Tetes Tebu 71
Lampiran B	<i>Output</i> Statistika Deskriptif dan Uji Dependensi 72
Lampiran C	<i>Box-Cox Transformation</i> 72
Lampiran D	<i>Output</i> Uji Augmented Dickey-Fuller 73
Lampiran E	<i>Syntax</i> VARI(30,1) 74
Lampiran F	<i>Output</i> VARI(30,1)..... 75
Lampiran G	<i>Output</i> VARI(1,1)-VARI(29,1)..... 82
Lampiran H	<i>Output</i> Uji Multivariat Normal 140
Lampiran I	<i>Syntax</i> Peta Kendali MEWMV 141
Lampiran J	Tabel Nilai L..... 142
Lampiran K	Peta Kendali MEWMV..... 142
Lampiran L	Surat Keterangan Pengambilan Data 145
Lampiran M	Surat Keterangan Publikasi..... 146

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Perkebunan Nusantara (PTPN) X adalah salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak sebagai produsen gula terbesar dan mengungguli perusahaan pergulaan lainnya di Indonesia (Kusuma, 2016). Bisnis utama dari PT. Perkebunan Nusantara X ini adalah industri gula kristal putih dengan produk samping berupa tetes tebu. Pemasaran produk gula perseroan dilakukan di pasar dalam negeri melalui persaingan bebas dan terkoordinir (pasar lelang dan negosiasi), sedangkan pemasaran produk tetes tebu dilakukan kepada industri (*end user*) dan melalui mekanisme tender. Pangsa pasar PTPN X di industri gula nasional tahun 2016 mencapai 17,11% dari total keseluruhan produksi gula nasional yang sebesar 2,2 juta ton, dengan tingkat produksi mencapai 380,4 ribu ton. Jika dibandingkan dengan BUMN lain yang juga bergerak di industri gula, PTPN X memiliki pangsa pasar produksi terbesar, mencapai komposisi sebesar 30,84% dari total 1,22 juta ton gula yang diproduksi BUMN. PTPN X sendiri berlokasi di Jawa Timur dengan lumbung produksi gula nasional dengan produksi mencapai 47,51%. Industri gula perseroan dari PTPN X ini menjalankan usaha pada segmen industri gula melalui 11 pabrik gula yang tersebar di Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Jombang, Kabupaten Nganjuk, Kabupaten Kediri, dan Kabupaten Tulungagung dengan kapasitas terpasang untuk giling tebu sebesar 41.800 ton tebu per hari (TCD) per 31 Desember 2016. Dari 11 pabrik gula tersebut, PG Tjoekir Jombang, merupakan salah satu pabrik gula yang memiliki kapasitas produksi gula pasir sebesar 4.200 ton tebu per hari (TCD) (PT. Perkebunan Nusantara X, 2016).

Proses pengolahan gula di PG Tjoekir Jombang hampir sama seperti yang diungkapkan oleh Moerdokusomo (1993), yakni melewati 7 stasiun pengolahan diantaranya adalah penimbangan, penggilingan (ekstrasi), pemurnian (purifikasi), penguapan

(evaporasi), masakan (kristalisasi), putaran (sentrifuse) dan unit penyelesaian. Proses produksi yang penting adalah stasiun sentrifuse atau putaran yang bertujuan untuk memisahkan gula dari larutannya (*stroop*), klare, dan tetes tebu. Pada stasiun ini dihasilkan gula berjenis *Super High Sugar* (SHS) dan diharapkan kadar gula atau sukrosa yang hilang adalah seminimal mungkin dari setiap proses produksi yang dilakukan. Kadar gula terbesar terdapat dalam tetes tebu karena sudah dekat dengan stasiun akhir proses produksi gula. Kadar gula dalam tetes tebu diketahui dari hasil pengukuran harkat kemurnian tetes berdasarkan persentase Brix dan persentase HK (Harkat Kemurnian). Pada proses produksi gula, kehilangan kadar gula atau kadar sukrosa akan memberikan pengaruh besar terhadap rendemen gula yang dihasilkan. Rendemen gula sendiri adalah kadar kandungan gula didalam batang tebu yang dinyatakan dalam persen. Apabila dalam setiap proses produksi mengalami kehilangan gula yang tinggi atau kadar gula pada tetes tebu tinggi, maka rendemen yang dihasilkan juga rendah dan gula yang dihasilkan belum optimal, sehingga perusahaan akan mengalami kerugian. Oleh karena itu, dalam menjaga kualitas dan mutu produknya, tetes tebu yang dihasilkan perlu dimonitor. Selama ini, perusahaan hanya memonitor secara deskriptif dari batas spesifikasinya saja. Hal ini belum cukup untuk menentukan bahwa kualitas tetes tebu yang dihasilkan baik, karena karakteristik kualitas yang terdiri dari persentase Pol dan persentase HK adalah variabel yang saling berkaitan (*dependen*), ketika persentase Brix rendah, maka persentase HK akan tinggi. Selain memiliki karakteristik kualitas yang berhubungan satu sama lain, diduga terdapat autokorelasi antar data pengamatan karena proses produksi tetes tebu yang dilakukan berlangsung secara terus menerus (*continous production*) dan melalui saluran yang sama sehingga terdapat kemungkinan besar bahwa tetes tebu yang dihasilkan dipengaruhi oleh tetes tebu yang dihasilkan sebelumnya. Selain itu diduga hal ini terjadi karena *supplier* bahan baku yakni tebu yang berasal dari sawah yang berbeda-beda. Oleh karena itu perlu dilakukan pengendalian proses secara multivariat

yang bertujuan untuk mengetahui apakah proses telah terkendali secara statistik atau belum dengan menggunakan peta kendali.

Peta kendali merupakan metode grafik yang digunakan untuk mengevaluasi apakah suatu proses berada dalam pengendalian kualitas secara statistik atau tidak, sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Menurut Heizer, Render, dan Munson (2017), terdapat dua jenis peta kendali, yakni peta kendali univariat dan multivariat. Peta kendali yang cocok digunakan dalam kasus ini adalah peta kendali multivariat, karena variabel yang diamati adalah variabel yang terukur secara bersamaan untuk dianalisis. Namun peta kendali multivariat konvensional belum cukup baik untuk menggambarkan proses produksi ketika terdapat autokorelasi. Menurut Montgomery (2012), saat asumsi independen antar pengamatan tidak terpenuhi dari salah satu karakteristik kualitas produk yang dimiliki, maka peta kendali multivariat yang dibentuk dari data asli tidak akan berfungsi dengan baik. *False alarm* yang muncul akan banyak karena batas kontrol yang dihasilkan akan lebih ketat dan menyebabkan terjadinya penurunan kemampuan mendeteksi perubahan proses (Psarakis & Papaleonida, 2007), sehingga peta kendali multivariat konvensional kurang tepat untuk digunakan.

Terdapat pendekatan umum yang dapat dilakukan apabila terjadi autokorelasi pada data pengamatan untuk peta kendali dengan menggunakan residual dari model *time series*. Apabila model *time series* yang diperoleh adalah model terbaik, maka residual yang dihasilkan akan memenuhi asumsi independen dan identik (Alwan & Roberts, 1988). Selain itu menurut Elevli, Uzgoren, dan Savas (2009), residual dari model *time series* ARIMA dapat digunakan untuk kasus univariat pada data yang mengandung korelasi dalam membentuk peta kendali. Konsep yang sama juga diterapkan pada data multivariat oleh Jarret dan Pan (2007) yang menjelaskan bahwa peta kendali T^2 Hotelling dapat diaplikasikan dari residual model *time series* VAR dengan melakukan estimasi dan pemilihan model terbaik sehingga diperoleh residual dari model dan diaplikasikan dalam peta kendali

VAR. Penelitian lain juga dilakukan oleh Requeijo dan Souza (2011) yang membandingkan jumlah pengamatan diluar batas kendali pada peta kendali T^2 Hotelling biasa dan pendekatan model *time series*. Berdasarkan hasil analisisnya diperoleh bahwa peta kendali yang dibentuk dari nilai residual model *time series* memberikan hasil yang lebih baik dengan jumlah pengamatan diluar batas kendali yang lebih sedikit. Ödük (2012), juga melakukan analisis peta kendali untuk data *series*. Penelitian tersebut dilakukan secara univariat dan multivariat dengan tujuan untuk mengukur kinerja masing-masing peta kendali dalam mendeteksi pergeseran rata-rata proses apabila data mengandung autokorelasi. Penelitian yang berkaitan dengan pabrik gula dilakukan oleh Harianja (2016) di PG Kremboong Sidoarjo yang membahas pengendalian kualitas tetes menggunakan peta kendali MEWMA dan MEWMV yang memberikan kesimpulan bahwa proses produksi tetes PG Kremboong Sidoarjo belum terkendali dalam variabilitas dan rata-ratanya. Selain itu juga dilakukan oleh Rizqi (2015) yang menerapkan konsep peta kendali multivariat dengan pendekatan *time series* untuk pengendalian kualitas tetes produksi PG Pesantren Baru Kediri. Pada penelitian tersebut, dicari model terbaik untuk variabel tingkat kemurnian dan kadar gula dengan menggunakan metode VAR sehingga diperoleh residual dari model terbaik yang kemudian diterapkan pada peta kendali T^2 Hotelling dan *Generalized Variance*.

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah pengendalian kualitas tetes tebu di PG Tjoekir Jombang menggunakan peta kendali *multivariate* yakni *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) dan *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) yakni dengan pendekatan model *time series*.

1.2 Rumusan Masalah

Besarnya kadar gula dalam tetes tebu yang dihasilkan akan menentukan kualitas gula yang dihasilkan, sehingga ketika kadar gula dalam tetes tebu tidak terkendali maka hal tersebut akan

menimbulkan kerugian bagi perusahaan apabila terjadi terus menerus. Proses pengolahan tebu menjadi gula dalam stasiun sentrifuse masih menghasilkan tetes tebu dengan kandungan sukrosa yang cukup tinggi sehingga gula yang diproduksi memiliki kualitas yang kurang baik. Oleh karena itu, tetes tebu harus dikendalikan kualitasnya guna mengurangi kandungan sukrosa yang masih terkandung didalam tetes tebu. Selama ini, PG Tjoekir melakukan pengendalian kualitas pada tetes tebu hanya dengan melihat apakah setiap karakteristik kualitas telah memenuhi batas spesifikasi yang telah ditentukan terhadap kedua variabel yang saling berkaitan (dependen) dan memiliki autokorelasi. Secara statistik dapat dikatakan analisis yang dilakukan masih dengan cara yang sederhana. Oleh karena itu, yang akan dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana proses produksi tetes tebu PG Tjoekir Jombang dengan cara memonitor variabilitas dan rata-rata proses menggunakan peta kendali MEWMV dan MEWMV menggunakan residual dari model terbaik *time series* VAR.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, tujuan dari penelitian ini untuk memonitor proses produksi tetes tebu PG Tjoekir Jombang dalam keadaan baik atau belum.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada perusahaan berdasarkan hasil monitor proses produksi tetes tebu PG Tjoekir Jombang serta dapat memberikan informasi apakah proses produksi telah berlangsung dengan baik atau belum, sehingga perusahaan dapat mengambil kebijakan terkait hasil yang diperoleh.

1.5 Batasan masalah

Terdapat 3 karakteristik kualitas yang dimiliki tetes tebu yakni persentase Brix, persentase Pol dan persentase HK, namun

hanya dua karakteristik kualitas yang digunakan, yakni persentase Brix dan persentase HK. Penggunaan dua karakteristik kualitas ini karena faktor ketersediaan data dari perusahaan. Pemodelan *time series* hanya menggunakan model VAR. Selain itu nilai pembobot untuk peta kendali MEWMV yang digunakan adalah $0,1 \leq \omega \leq 0,4$ dan peta kendali MEWMA sebesar $0,1 \leq \lambda \leq 0,9$ dengan selisih kenaikan sebesar 0,1 untuk setiap nilai pembobot.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengendalian Kualitas Pada Data Berautokorelasi

Menurut Montgomery (2012), asumsi standar yang biasanya digunakan dalam menggunakan peta kendali multivariat adalah data berdistribusi multivariat normal dan saling independen antar data pengamatan. Jika data tidak berdistribusi multivariat normal, maka dapat digunakan peta kendali yang *robust* terhadap distribusi multivariat normal. Ketika asumsi ini dipenuhi, peta kendali konvensional dapat diterapkan dan dapat ditarik kesimpulan dari peta kendali tersebut. Namun yang paling penting dari pembuatan peta kendali konvensional adalah asumsi independensi antar data pengamatan, karena peta kendali konvensional tidak berfungsi dengan baik jika asumsi tersebut diabaikan dan akan memberikan terlalu banyak *false alarm*.

Kasus ini sering terjadi pada proses kimia di mana pengukuran berturut-turut terjadi pada proses produksi, antar pengamatan seringkali sangat berkorelasi, serta setiap karakteristik kualitas diukur dalam urutan waktu produksi. Suatu pendekatan yang terbukti bermanfaat dalam menangani autokorelasi data adalah menggunakan model *time series* untuk mendapatkan residual sehingga dapat menanggulangi autokorelasi dari data, dan menerapkan peta kendali ke residual yang diperoleh, di mana residual ini akan menggambarkan proses produksi yang sesungguhnya. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan *time series* terlebih dahulu, sehingga diperoleh residual untuk dilakukan pengendalian kualitas.

2.2 Korelasi Variabel

Analisis korelasi dilakukan untuk mengukur kekuatan hubungan dua variabel. Salah satu pengujian yang dapat dilakukan untuk mengetahui apakah dua variabel atau lebih saling dependen adalah menggunakan korelasi Pearson. Tingkat keeratan hubungan dengan suatu nilai koefisien korelasi antara dua variabel

dilambangkan dengan r . Koefisien korelasi bernilai diantara -1 sampai dengan 1. Apabila koefisien korelasi yang diperoleh mendekati 1 maka hubungan kedua variabel adalah linear sempurna, sedangkan apabila koefisien korelasi mendekati nol maka hubungan kedua variabel sangat lemah atau mungkin tidak ada hubungan sama sekali. Koefisien korelasi yang bertanda positif menunjukkan bahwa ketika variabel satu bertambah, maka variabel dua juga cenderung bertambah. Sebaliknya, koefisien korelasi yang bertanda negatif menunjukkan ketika variabel satu bertambah, maka variabel dua cenderung berkurang (Walpole dkk, 2012).

Hipotesis:

$H_0 : \rho = 0$ (tidak ada korelasi antar variabel)

$H_1 : \rho \neq 0$ (terdapat korelasi antar variabel)

Statistik uji:

$$t_{hitung} = \frac{r_{Z_1, Z_2} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{Z_1, Z_2}^2}}, \quad (2.1)$$

di mana,

$$r_{Z_1, Z_2} = \frac{\sum_{t=1}^n (z_{1t} - \bar{z}_1)(z_{2t} - \bar{z}_2)}{\sqrt{\sum_{t=1}^n (z_{1t} - \bar{z}_1)^2} \sqrt{\sum_{t=1}^n (z_{2t} - \bar{z}_2)^2}}. \quad (2.2)$$

n merupakan banyaknya data pengamatan yang dianalisis.

H_0 ditolak apabila $|t_{hitung}| > t_{(\alpha/2, n-2)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$, sehingga diperoleh kesimpulan bahwa terdapat korelasi antar variabel.

2.3 Analisis Time Series

Deret waktu (*time series*) adalah serangkaian pengamatan terhadap suatu variabel yang diambil dari waktu ke waktu dan dicatat secara berurutan menurut urutan waktu kejadiannya dengan interval waktu yang tetap (Wei, 2006). *Time series* dapat juga diartikan sebagai serangkaian data yang didapatkan berdasarkan

pengamatan dari suatu kejadian pada urutan waktu terjadinya. Data *time series* periode sekarang memiliki korelasi dengan data periode sebelumnya. Terdapat dua jenis data *time series* yakni univariat dan multivariat, dalam kasus univariat hanya terdapat satu variabel yang saling berautokorelasi, sedangkan dalam kasus multivariat terdapat lebih dari satu variabel yang saling berhubungan timbal balik. Salah satu metode yang sering digunakan menurut Wei (2006) dalam *multivariate time series* adalah *Vector Autoregressive* (VAR). Model VAR adalah salah satu model yang mudah digunakan dalam analisis *multivariate time series* dibandingkan dengan metode lain.

2.4 Model *Vector Autoregressive* (VAR)

Model *Vector Autoregressive* (VAR) merupakan model hasil pengembangan dari model *Autoregressive* (AR) yang dapat diidentifikasi menggunakan plot *Partial Cross-Correlation Matrix Function*. Model VAR dapat digunakan untuk memodelkan data dengan 2 atau lebih variabel yang memiliki hubungan satu dengan yang lain. Menurut Wei (2006), bentuk umum dari model VAR adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{Z}_t = \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\Phi}_1 \mathbf{Z}_{t-1} + \dots + \boldsymbol{\Phi}_p \mathbf{Z}_{t-p} + \mathbf{a}_t, \quad (2.3)$$

\mathbf{Z}_t adalah vektor berukuran $m \times 1$ dari variabel pada waktu ke- t , $\boldsymbol{\mu}$ adalah vektor konstanta, $\boldsymbol{\Phi}_1$ adalah matriks berukuran $m \times m$ dari parameter ke-1, $\boldsymbol{\Phi}_p$ adalah matriks berukuran $m \times m$ dari parameter ke- p serta \mathbf{a}_t adalah vektor berukuran $m \times 1$ yang merupakan residual parameter pada waktu ke- t . Di mana m adalah banyaknya karakteristik kualitas. Persamaan (2.3) dapat dibentuk menjadi model umum VAR dapat dituliskan dalam bentuk matriks pada Persamaan (2.4). Bentuk matriks model VAR adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} Z_{1,t} \\ \vdots \\ Z_{m,t} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \mu_{1,t} \\ \vdots \\ \mu_{m,t} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11} & \cdots & \phi_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{m1} & \cdots & \phi_{mm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{1,t-1} \\ \vdots \\ Z_{m,t-1} \end{bmatrix} + \dots + \\
&+ \begin{bmatrix} \phi_{p11} & \cdots & \phi_{p1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{pm1} & \cdots & \phi_{pmm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{1,t-p} \\ \vdots \\ Z_{m,t-p} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{1,t} \\ \vdots \\ a_{m,t} \end{bmatrix}
\end{aligned} \tag{2.4}$$

2.5 Stasioneritas

Sebelum melakukan pemodelan *time series*, data yang akan dianalisis harus stasioner terhadap varians dan *mean*. Stasioneritas dibagi menjadi dua yakni *strictly stationary* dan *weakly stationary* (Cryer dan Chan, 2008). *Weakly stationary* dalam model *time series* terjadi apabila terdapat keseimbangan level varians dan *mean* yang konstan disekitar level *mean* (Wei, 2006). Stasioneritas dalam varians digunakan transformasi Box-Cox sedangkan pengujian stasioneritas dalam *mean* yang digunakan adalah uji Augmented Dickey-Fuller. Dalam suatu data *time series* dapat dimungkinkan apabila terjadi ketidakstasionerian dalam varians. Apabila hal tersebut terjadi maka perlu dilakukan transformasi agar varians-nya stabil. Menurut Wei (2006), transformasi Box-Cox merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk dapat menstabilkan varians. Secara umum dapat digunakan transformasi pangkat yang dikenalkan oleh Box dan Cox (1964) pada Persamaan (2.5). ψ (*rounded value*) dan transformasi yang sering digunakan diberikan pada Tabel 2.1

$$T(Z_t) = \frac{Z_t^\psi - 1}{\psi}, \tag{2.5}$$

Selanjutnya, pengujian stasioneritas terhadap *mean* dilakukan dengan menggunakan uji Augmented Dickey-Fuller (Gujarati, 2003).

Tabel 2.1 Transformasi Box-Cox

Nilai ψ	Transformasi
-1	$\frac{1}{Z_t}$
-0,5	$\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$
0	$\ln Z_t$
0,5	$\sqrt{Z_t}$
1	Z_t (tidak dilakukan transformasi)

Uji Augmented Dickey-Fuller merupakan perluasan dari uji Dickey-Fuller. Terdapat tiga macam tipe pengujian sebagai berikut:

a. *Zero Mean*

$$\Delta Z_t = \gamma Z_{t-1} + \sum_{l=1}^k \alpha_l \Delta Z_{t-l} + \varepsilon_t. \quad (2.6)$$

b. *Single Mean*

$$\Delta Z_t = \beta_1 + \gamma Z_{t-1} + \sum_{l=1}^k \alpha_l \Delta Z_{t-l} + \varepsilon_t. \quad (2.7)$$

c. *Trend*

$$\Delta Z_t = \beta_1 + \beta_2 t + \gamma Z_{t-1} + \sum_{l=1}^k \alpha_l \Delta Z_{t-l} + \varepsilon_t. \quad (2.8)$$

Sehingga, pada pengujian menggunakan uji Augmented Dickey-Fuller, hipotesis dan statistik uji yang digunakan sebagai berikut:

$H_0 : \gamma = 0$ (tidak stasioner dalam *mean*)

$H_1 : \gamma < 0$ (stasioner dalam *mean*),

statistik uji yang digunakan dalam uji Augmented Dickey-Fuller ada pada Persamaan (2.9).

$$\tau = \frac{\hat{\gamma}}{SE(\hat{\gamma})} \quad (2.9)$$

Apabila $|\tau|$ yang diperoleh lebih besar dari nilai t_α pada tabel kritis untuk nilai Dickey-Fuller atau p -value yang diperoleh kurang dari taraf signifikansi yang telah ditetapkan maka H_0 ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa data telah stasioner dalam *mean*. Apabila terjadi ketidakstasioneran terhadap *mean* maka dilakukan metode perbedaan atau *differencing* (Makridakis, Wheelwright, dan McGee, 1983).

2.6 Identifikasi Model *Vector Autoregressive* (VAR)

Identifikasi model pada *mutivariate time series* hampir sama dengan model *univariate time series*. Identifikasi dapat dilakukan dengan melihat pola yang terbentuk dari fungsi *Cross-Correlation Matrix Function* dan *Partial Cross-Correlation Matrix Function*.

2.6.1 *Cross-Correlation Matrix Function*

Menurut Wei (2006), apabila terdapat n pengamatan, matriks fungsi autokorelasi dituliskan pada Persamaan (2.10) sebagai berikut:

$$\hat{\rho}(k) = [\hat{\rho}_{ij}(k)], \quad (2.10)$$

$\hat{\rho}_{ij}(k)$ adalah *cross-correlation* sampel untuk komponen ke- i dan ke- j ($i=1,2$ serta $j=1,2$) dan sebuah estimator yang mendekati distribusi normal pada sebuah proses vektor yang stasioner. $\hat{\rho}_{ij}(k)$ dapat diperoleh pada Persamaan (2.11).

$$\hat{\rho}_{ij}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_{i,t} - \bar{Z}_i)(Z_{j,t+k} - \bar{Z}_j)}{\left(\sum_{t=1}^n (Z_{i,t} - \bar{Z}_i)^2 \sum_{t=1}^n (Z_{j,t} - \bar{Z}_j)^2 \right)^{\frac{1}{2}}}, \quad (2.11)$$

\bar{Z}_i dan \bar{Z}_j merupakan *mean* dari sampel karakteristik kualitas i dan j . Matriks fungsi korelasi sampel dapat digunakan untuk mengidentifikasi orde model *Vector Moving Average* (VMA). Namun dalam penerapannya, bentuk matriks dan grafik akan semakin kompleks karena peningkatan dimensi vektor, sehingga

untuk mengatasi hal tersebut dapat menggunakan metode koefisien dengan menggunakan tanda (+), (-), dan (.) (Tiao dan Box, 1981). Tanda (+) menotasikan nilai $\hat{\rho}_{ij}(k)$ yang lebih besar dari 2 kali estimasi *standard error* dan menunjukkan hubungan korelasi positif, tanda (-) menotasikan nilai $\hat{\rho}_{ij}(k)$ yang lebih kecil dari -2 kali estimasi *standard error* dan menunjukkan hubungan korelasi negatif. Serta tanda (.) menotasikan nilai $\hat{\rho}_{ij}(k)$ yang terletak diantara ± 2 kali estimasi *standard error* dan menunjukkan tidak adanya hubungan. Estimasi *standard error* sendiri adalah $1/\sqrt{n}$ dengan n adalah jumlah pengamatan.

2.6.2 Partial Autoregression Matrix Function

Orde model vektor AR dapat ditentukan dari *partial autoregression matrix function*. Menurut Tiao dan Box (1981) dalam Wei (2006), *partial autoregression matrix function* pada lag k yang dapat dinotasikan sebagai $\phi(k)$, didapatkan dari Persamaan (2.12) sebagai berikut:

$$\phi(k) = \begin{cases} \Gamma'(1)[\Gamma(0)]^{-1}, & k=1 \\ \left\{ \Gamma'(k) - \mathbf{c}'(k)[\mathbf{A}(k)]^{-1} \mathbf{b}(k) \right\} \left\{ \Gamma(0) - \mathbf{b}'(k)[\mathbf{A}(k)]^{-1} \mathbf{b}(k) \right\}^{-1}, & k>1 \end{cases} \quad (2.12)$$

Apabila $k \geq 2$ maka nilai $\mathbf{A}(k)$, $\mathbf{b}(k)$ dan $\mathbf{c}(k)$ dapat diperoleh dari Persamaan (2.13) sampai dengan (2.15).

$$\mathbf{A}(k) = \begin{bmatrix} \Gamma(0) & \Gamma'(1) & \cdots & \Gamma'(k-2) \\ \Gamma(1) & \Gamma(0) & \cdots & \Gamma'(k-3) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Gamma'(k-2) & \Gamma'(k-3) & \cdots & \Gamma(0) \end{bmatrix}, \quad (2.13)$$

$$\mathbf{b}(k) = \begin{bmatrix} \Gamma'(k-1) \\ \Gamma'(k-2) \\ \vdots \\ \Gamma'(1) \end{bmatrix}, \quad (2.14)$$

$$\mathbf{c}(k) = \begin{bmatrix} \Gamma(1) \\ \Gamma(2) \\ \vdots \\ \Gamma(k-1) \end{bmatrix}. \quad (2.15)$$

Di mana $\Gamma(k)$ merupakan matriks kovarian yang dapat diperoleh dari Persamaan (2.16) sebagai berikut:

$$\hat{\Gamma}(k) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (\mathbf{Z}_t - \bar{\mathbf{Z}})(\mathbf{Z}_{t-k} - \bar{\mathbf{Z}})', \text{ dengan } k=1,2,\dots \quad (2.16)$$

Identifikasi orde nantinya pada serangkaian observasi nilai-nilai yang diperoleh juga disimbolkan dengan metode koefisien yang telah dijelaskan sebelumnya pada *correlation matrix function*.

2.7 Estimasi Parameter Model

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk estimasi parameter model VAR (p) adalah metode *Least Square* (LS). Model VAR (p) pada Persamaan (2.3) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mathbf{Z}'_t = \mathbf{X}'_t \Phi + \mathbf{a}'_t, \quad (2.17)$$

di mana, $\mathbf{X}' = (1, \mathbf{Z}'_{t-1}, \dots, \mathbf{Z}'_{t-p})$ dan $\Phi' = (\Phi_0, \Phi_1, \dots, \Phi_p)$.

Persamaan (2.17) selanjutnya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mathbf{Z} = \mathbf{X}\Phi + \mathbf{A}, \quad (2.18)$$

dengan \mathbf{Z} adalah matriks berukuran $((n-p) \times m)$ dan \mathbf{X} adalah matriks berukuran $((n-p) \times (mp+1))$ serta \mathbf{A} adalah matriks

berukuran $((n-p) \times m)$. Estimasi dengan metode *Least Square* (LS) dilakukan dengan meminimumkan $S(\Phi)$ dengan cara menurunkan $S(\Phi)$ terhadap $vec(\Phi)$ (Tsay, 2014).

$$S(\Phi) = tr \left[(Z - X\Phi) \Sigma_a^{-1} (Z - X\Phi)' \right] \quad (2.19)$$

$$\frac{\partial S(\Phi)}{\partial vec(\Phi)} = -2(\Sigma_a^{-1} \otimes X') vec(Z) + 2(\Sigma_a^{-1} \otimes X'X) vec(\hat{\Phi}), \quad (2.20)$$

ketika persamaan (2.20), $\frac{\partial S(\Phi)}{\partial vec(\Phi)} = 0$ diperoleh persamaan (2.21)

sebagai berikut:

$$(\Sigma_a^{-1} \otimes X') vec(Z) = (\Sigma_a^{-1} \otimes X'X) vec(\hat{\Phi}), \quad (2.21)$$

sehingga estimasi parameter dengan metode *Least Square* (LS) didapat pada persamaan (2.22) sebagai berikut:

$$\hat{\Phi} = (X'X)^{-1} X'Z. \quad (2.22)$$

Hipotesis yang digunakan untuk signifikansi paramter yang diperoleh dari metode *Least Square* adalah sebagai berikut:

$H_0 : \Phi_p = 0$ (parameter tidak signifikan)

$H_1 : \Phi_p \neq 0$ (parameter signifikan),

statistik uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah pada Persamaan (2.22) sebagai berikut:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\Phi}}{SE(\hat{\Phi})}, \quad (2.23)$$

H_0 ditolak apabila $|t_{hitung}|$ yang diperoleh lebih besar dari nilai

$$t_{\alpha/2, (n-p)}.$$

2.8 Pemeriksaan Diagnostik (*Diagnostic Checking*) dan Kebaikan Model

Pemeriksaan diagnostik yang dilakukan adalah dengan melihat apakah residual telah *white noise* dan berdistribusi normal. Pengujian asumsi *white noise* dilakukan dengan menggunakan uji Portmanteau dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0: \mathbf{R}_k = (R_1, R_2, \dots, R_p) = \mathbf{0}$ (residual model VAR (p) memenuhi asumsi *white noise*)

$H_1: \mathbf{R}_k = (R_1, R_2, \dots, R_p) \neq \mathbf{0}$ (residual model VAR (p) tidak memenuhi asumsi *white noise*)

Statistik uji yang digunakan pada pengujian portmanteau adalah sebagai berikut (Lutkepohl, 2005). Residual dikatakan memenuhi asumsi *white noise* jika $Q_K > \chi^2_{\alpha; (m^2 K)}$.

$$Q_K = n \sum_{k=1}^K \text{tr} \left(\hat{\mathbf{C}}_k' \hat{\mathbf{C}}_0^{-1} \hat{\mathbf{C}}_k \hat{\mathbf{C}}_0^{-1} \right), \quad (2.24)$$

$$C_k = n^{-1} \sum_{t=k+1}^n \hat{a}_t \hat{a}_{t-k}', \quad (2.25)$$

di mana,

n : ukuran sampel

$\hat{\mathbf{C}}_0^{-1}$: invers matriks varians-kovarians residual Σ

Selanjutnya, pemeriksaan distribusi normal multivariat. Distribusi normal multivariat merupakan perluasan dari distribusi univariat normal dengan jumlah variabel yang lebih dari satu. Distribusi ini digunakan pada sekelompok data yang memiliki hubungan (Johnson dan Wichern, 2007). Menurut Alva dan Estrada (2009), salah satu pengujian distribusi normal multivariat yang dapat dilakukan adalah menggunakan pengujian Shapiro-Wilk dengan hipotesis dan statistik uji sebagai berikut:

Hipotesis:

H_0 : data berdistribusi normal multivariat

H_1 : data tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik uji:

$$W^* = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m W_o, \quad (2.26)$$

di mana,

$$W_o = \frac{d^2}{S^2}. \quad (2.27)$$

$$S^2 = \sum_{t=1}^n (\hat{a}_t - \bar{\hat{a}})^2, \quad (2.28)$$

$$d = \sum_{t=1}^n g_t \hat{a}_{(t)}. \quad (2.29)$$

Dengan taraf signifikansi α yang digunakan, H_0 ditolak apabila $W^* < c_{\alpha, n, m}$, sehingga residual data dikatakan tidak berdistribusi normal multivariat. Nilai g adalah nilai koefisien dari tabel *normality test* dan nilai $c_{\alpha, n, m}$ diperoleh melalui simulasi Monte Carlo.

Selanjutnya adalah pemilihan model terbaik. Model terbaik ditentukan dengan cara melihat nilai minimum dari kriteria kebaikan model yang digunakan. Dalam menentukan model terbaik dapat digunakan kriteria minimum dengan menggunakan *Akaike Informarion Criterion* (AIC) (Wei, 2006) pada Persamaan (2.30) sebagai berikut:

$$AIC(p) = \ln(|\sum_p|) + \frac{2pm^2}{n}, \quad (2.30)$$

dengan $|\sum_p|$ adalah determinan dari matriks varians kovarians residual dan m adalah jumlah karakteristik kualitas, dan n adalah banyaknya data.

2.9 Pengendalian Kualitas Statistika

Pengendalian kualitas statistika merupakan suatu metode untuk mengevaluasi kualitas produk hasil produksi dengan menggunakan metode-metode statistik, salah satu metode statistik

yang akan digunakan adalah peta kendali. Terdapat dua jenis karakteristik kualitas, yaitu kualitas variabel dan atribut. Karakteristik kualitas variabel adalah karakteristik kualitas produk dinyatakan dengan besaran yang dapat diukur sedangkan karakteristik kualitas atribut adalah karakteristik kualitas suatu produk dinyatakan dengan kategori tertentu, yaitu ada dua kemungkinan baik dan buruk, seperti produk cacat atau produk baik

Apabila karakteristik kualitas atribut, maka digunakan peta kendali atribut, tetapi jika karakteristik kualitas variabel digunakan peta kendali variabel. Peta kendali atribut antara lain, peta p, peta np, peta c, dan peta u. Peta kendali variabel ada beberapa macam, jika karakteristik kualitas hanya satu maka digunakan peta kendali peta $\bar{X} - R$, peta $\bar{X} - S$, dan peta individu, tetapi jika karakteristik kualitas lebih dari satu dengan ukuran subgrup sama dengan satu maka digunakan peta kendali $T^2\text{-Hotelling}$ Individu untuk mengendalikan vektor rata-rata (Montgomery, 2012). Namun terdapat beberapa asumsi yang perlu dipenuhi dalam melakukan analisis peta kendali $T^2\text{-Hotelling}$ Individu yakni berdistribusi multivariat normal. Apabila asumsi tidak terpenuhi, dapat menggunakan peta kendali MEWMA (*Multivariate Exponentially Weighted Moving Average*) dan MEWMV (*Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance*) sebagai penggantinya, karena peta kendali ini *robust* terhadap distribusi normal serta sensitif terhadap adanya pergeseran proses.

2.9.1 Peta Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV)

Peta kendali MEWMV digunakan untuk memonitor variabilitas proses tanpa perubahan rata-rata proses selama pengendalian berlangsung (Huwang, Wu, dan Yeh, 2005). Peta kendali ini dibangun untuk mendeteksi secara sensitif apabila terjadi perubahan variabilitas proses yang sangat kecil tanpa dipengaruhi oleh perubahan rata-rata proses. Peta kendali MEWMV dibentuk dari Persamaan (2.31) berikut:

$$\mathbf{V}_n = \omega(\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)(\mathbf{x}_n - \mathbf{y}_n)' + (1 - \omega)\mathbf{V}_{n-1}. \quad (2.31)$$

Masing-masing n pada Persamaan (2.32) dapat dijabarkan sebagai berikut:

untuk $n = 1$,

$$\mathbf{V}_1 = \omega(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)' + (1 - \omega)\mathbf{V}_0,$$

untuk $n = 2$,

$$\begin{aligned}\mathbf{V}_2 &= \omega(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)' + (1 - \omega)\mathbf{V}_1 \\ &= \omega(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)' + \omega(1 - \omega)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)' + (1 - \omega)^n \mathbf{V}_0,\end{aligned}$$

untuk $n = 3$,

$$\begin{aligned}\mathbf{V}_3 &= \omega(\mathbf{x}_3 - \mathbf{y}_3)(\mathbf{x}_3 - \mathbf{y}_3)' + (1 - \omega)\mathbf{V}_2 \\ &= \omega(\mathbf{x}_3 - \mathbf{y}_3)(\mathbf{x}_3 - \mathbf{y}_3)' + \omega(1 - \omega)(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)(\mathbf{x}_2 - \mathbf{y}_2)' + \\ &\quad + \omega(1 - \omega)^2(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)' + (1 - \omega)^n \mathbf{V}_0,\end{aligned}$$

begitu seterusnya untuk semua n pengamatan, dengan demikian secara umum Persamaan (2.31) dapat dituliskan seperti Persamaan (2.32) sebagai berikut:

$$\mathbf{V}_n = \sum_{t=1}^n \omega(1 - \omega)^{n-t} (\mathbf{x}_t - \mathbf{y}_t)(\mathbf{x}_t - \mathbf{y}_t)' + (1 - \omega)^n \mathbf{V}_0, \quad (2.32)$$

keterangan:

$$\mathbf{V}_0 = (\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{y}_1)'$$

ω : nilai pembobot *smoothing constant* yang bernilai $0 < \omega < 1$

\mathbf{x}_n : estimasi *multivariate exponentially weighted moving average*

\mathbf{y}_n : estimasi natural untuk proses rata-rata pada pengamatan ke n dari \mathbf{x}_n

Estimasi dari \mathbf{y}_n untuk perubahan rata-rata proses pada waktu ke n dapat dilihat pada Persamaan (2.33) (Lowry dkk, 1992).

$$\mathbf{y}_n = \lambda \mathbf{x}_n + (1 - \lambda) \mathbf{y}_{n-1}. \quad (2.33)$$

Dengan $\mathbf{y}_0 = 0$ dan $0 < \lambda < 1$, ketika masing-masing t dijabarkan dalam Persamaan (2.33) maka akan diperoleh penjabaran sebagai berikut:

untuk $n=1$,

$$\mathbf{y}_1 = \lambda \mathbf{x}_1,$$

untuk $n=2$,

$$\begin{aligned}\mathbf{y}_2 &= \lambda \mathbf{x}_2 + (1-\lambda) \mathbf{y}_1 \\ &= \lambda \mathbf{x}_2 + \lambda (1-\lambda) \mathbf{x}_1,\end{aligned}$$

untuk $n=3$,

$$\begin{aligned}\mathbf{y}_3 &= \lambda \mathbf{x}_3 + \lambda (1-\lambda) \mathbf{x}_2 \\ &= \lambda \mathbf{x}_3 + \lambda (1-\lambda) \mathbf{x}_2 + \lambda (1-\lambda)^2 \mathbf{x}_1,\end{aligned}$$

begitu seterusnya berlaku untuk semua pengamatan, sehingga secara umum, Persamaan (2.33) dapat ditulis menjadi Persamaan (2.34).

$$\mathbf{y}_n = \sum_{t=1}^n \lambda (1-\lambda)^{n-t} \mathbf{x}_t. \quad (2.34)$$

Dalam mendeteksi terjadinya perubahan dalam matriks varians-kovarians, maka harus didefinisikan terlebih dahulu pada Persamaan (2.35).

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n \end{bmatrix} \text{ dan } \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{y}_n \end{bmatrix}, \quad (2.35)$$

di mana m adalah banyaknya karakteristik kualitas dan n banyaknya pengamatan yang dilakukan. Setelah melakukan penjabaran diatas, untuk mengetahui perubahan dalam matriks varians-kovarians maka harus didefinisikan suatu matriks \mathbf{C} . Matriks \mathbf{C} merupakan matriks diagonal berukuran $n \times n$ dengan ω sebagai elemennya di mana ω adalah *smoothing constant*. Matriks ini menunjukkan suatu nilai pembobot dari \mathbf{V}_t yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} (1-\omega)^{n-1} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \omega(1-\omega)^{n-2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & 0 & \omega(1-\omega) & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \omega \end{bmatrix}. \quad (2.36)$$

Dengan memasukkan Persamaan (2.34) ke dalam $\mathbf{x}_t - \mathbf{y}_t$ maka dapat dituliskan seperti pada Persamaan (2.37).

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_t - \mathbf{y}_t &= \mathbf{x}_t - \sum_{j=1}^t \lambda(1-\lambda)^{t-j} \mathbf{x}_j \\ &= (1-\lambda)\mathbf{x}_t - \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_{t-1} - \dots + \\ &\quad - \lambda(1-\lambda)^{t-1} \mathbf{x}_1, \end{aligned} \quad (2.37)$$

jika Persamaan (2.37) dituliskan dalam bentuk matriks adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} (\mathbf{X} - \mathbf{Y}) &= \begin{bmatrix} (1-\lambda)\mathbf{x}_1 \\ (1-\lambda)\mathbf{x}_2 - \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_1 \\ \vdots \\ (1-\lambda)\mathbf{x}_n - \lambda(1-\lambda)\mathbf{x}_{n-1} - \dots - \lambda(1-\lambda)^{n-1} \mathbf{x}_1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1-\lambda & 0 & \dots & 0 \\ -\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\lambda(1-\lambda)^{n-1} & \dots & -\lambda(1-\lambda) & 1-\lambda \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1' \\ \mathbf{x}_2' \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n' \end{bmatrix} \\ &= (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})\mathbf{X}, \end{aligned} \quad (2.38)$$

di mana, \mathbf{I}_n merupakan matrik identitas berukuran $n \times n$ dengan \mathbf{M} adalah matriks segitiga bawah berukuran $n \times n$ dengan λ sebagai elemennya, di mana λ adalah pembobot yang telah ditetapkan. Persamaan (2.32) yang telah diperoleh sebelumnya

dapat juga dituliskan seperti pada Persamaan (2.39) sebagai berikut:

$$\mathbf{V}_n = (\mathbf{X} - \mathbf{Y})' \mathbf{C}(\mathbf{X} - \mathbf{Y}). \quad (2.39)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan (2.38) ke dalam Persamaan (2.41) maka dapat diperoleh persamaan baru pada Persamaan (2.40).

$$\mathbf{V}_n = \mathbf{X}'(\mathbf{I}_n - \mathbf{M})' \mathbf{C}(\mathbf{I}_n - \mathbf{M})\mathbf{X} = \mathbf{X}'\mathbf{Q}\mathbf{X}, \quad (2.40)$$

di mana \mathbf{Q} adalah matriks bujur sangkar dengan ukuran $n \times n$ sebagai berikut:

$$\mathbf{Q} = (\mathbf{I}_n - \mathbf{M})' \mathbf{C}(\mathbf{I}_n - \mathbf{M}) \quad (2.41)$$

Persamaan (2.37) dapat dicari nilai $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ dengan Persamaan (2.42) dibawah ini.

$$\text{tr}(\mathbf{V}_n) = \text{tr}(\mathbf{X}'\mathbf{Q}\mathbf{X}) = \text{tr}(\mathbf{Q}\mathbf{X}\mathbf{X}'), \quad (2.42)$$

dengan,

$$\mathbf{Q}\mathbf{X}\mathbf{X}' = \begin{bmatrix} q_{11} & \cdots & q_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{n1} & \cdots & q_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \sum_{k=1}^m x_{1k}^2 & \sum_{k=1}^m x_{1k}x_{2k} & \cdots & \sum_{k=1}^m x_{1k}x_{nk} \\ \sum_{k=1}^m x_{1k}x_{2k} & \sum_{k=1}^m x_{2k}^2 & \cdots & \sum_{k=1}^m x_{2k}x_{nk} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{k=1}^m x_{1k}x_{nk} & \sum_{k=1}^m x_{2k}x_{nk} & \cdots & \sum_{k=1}^m x_{nk}^2 \end{bmatrix}.$$

Sehingga diperoleh $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ baru sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{tr}(\mathbf{V}_n) &= \sum_{j=1}^n q_{1j} \left(\sum_{k=1}^m x_{1k}x_{jk} \right) + \sum_{j=1}^n q_{2j} \left(\sum_{k=1}^m x_{2k}x_{jk} \right) + \dots + \sum_{j=1}^n q_{nj} \left(\sum_{k=1}^m x_{nk}x_{jk} \right) \\ &= \sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^n q_{tj} \left(\sum_{k=1}^m x_{tk}x_{jk} \right). \end{aligned}$$

Saat proses dalam keadaan terkendali dapat ditunjukkan dari nilai $E(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$ berikut:

$$\begin{aligned}
E[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] &= \sum_{t=1}^n q_{tt} E\left(\sum_{k=1}^m x_{tk}^2\right) + \sum_{t=1}^n \sum_{j \neq t}^n q_{tj} E\left(\sum_{k=1}^m x_{tk} x_{jk}\right) \\
&= m \sum_{t=1}^n q_{tt} \\
&= m \text{tr}(\mathbf{Q})
\end{aligned} \tag{2.43}$$

Dalam mendapatkan batas kendali dari $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ harus didapatkan nilai $\text{Var}(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$ terlebih dahulu dengan melihat Persamaan (2.44).

$$\begin{aligned}
\text{var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] &= \text{var}\left[\sum_{t=1}^n q_{tt} \sum_{k=1}^m x_{tk}^2 + 2 \sum_{t=1}^n \sum_{j < t}^n q_{tj} \sum_{k=1}^m x_{tk} x_{jk}\right] \\
&= \sum_{t=1}^n q_{tt}^2 \text{var}\left(\sum_{k=1}^m x_{tk}^2\right) + 4 \sum_{t=1}^n \sum_{j < t}^n q_{tj}^2 \text{var}\left(\sum_{k=1}^m x_{tk} x_{jk}\right) \\
&= 2m \sum_{t=1}^n q_{tt}^2 + 4m \sum_{t=j}^n \sum_{j < t}^n q_{tj}^2 \\
&= 2m \sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^n q_{tj}^2
\end{aligned} \tag{2.44}$$

Persamaan (2.41) akan menjadi batas yang memungkinkan untuk setiap n dan batas peta kendali berdasarkan $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ yaitu pada Persamaan (2.45) berikut ini.

$$E[\text{tr}(\mathbf{V}_n)] \pm L \sqrt{\text{var}[\text{tr}(\mathbf{V}_n)]} = m \text{tr}(\mathbf{Q}) \pm L \sqrt{2m \sum_{t=1}^n \sum_{j=1}^n q_{tj}^2}, \tag{2.45}$$

di mana L merupakan konstanta yang bergantung pada m (banyaknya karakteristik kualitas) dan nilai ω dan λ yang telah ditentukan sebelumnya. Menurut Huwang, Wu, dan Yeh (2005), nilai batas kontrol MEWMV (*Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance*) dilakukan melalui simulasi Monte Carlo dengan *Average Run Length* (ARL₀) 370.

2.9.2 Peta Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA)

Peta kendali ini digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan rata-rata proses. Kelebihan dari peta kendali ini adalah *robust* terhadap asumsi distribusi multivariat normal, sehingga ketika data tidak memenuhi asumsi normal maka peta kendali dapat digunakan sebagai alternatif. Peta kendali MEWMA merupakan generalisasi dari proses untuk data univariat EWMA yang didefinisikan pada Persamaan (2.46).

$$\mathbf{M}_t = \lambda \mathbf{z}_t + (1 - \lambda) \mathbf{M}_{t-1}, \quad (2.46)$$

keterangan:

λ : pembobot yang bernilai $0 \leq \lambda \leq 1$

\mathbf{M}_0 : $\mathbf{0}$

Pada peta kendali ini dapat digunakan nilai pembobot yang berbeda untuk masing-masing karakteristik kualitas. Apabila tidak ada alasan pemilihan pembobot yang berbeda untuk masing-masing karakteristik kualitas maka pembobot yang digunakan dapat sama untuk setiap karakteristik kualitas yang digunakan pada peta kendali ($\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_p = \lambda$). Titik pengamatan yang diplotkan di peta kendali MEWMA diperoleh dari Persamaan (2.47). Data dikatakan *out-of-control* ketika nilai T_t^2 lebih besar dari h_4 (batas kendali atas). Matriks kovarian dari \mathbf{M}_t dituliskan juga pada Persamaan (2.48). Menurut Montgomery (2012), matriks kovarians ini analog dengan varians pada data univariat EWMA.

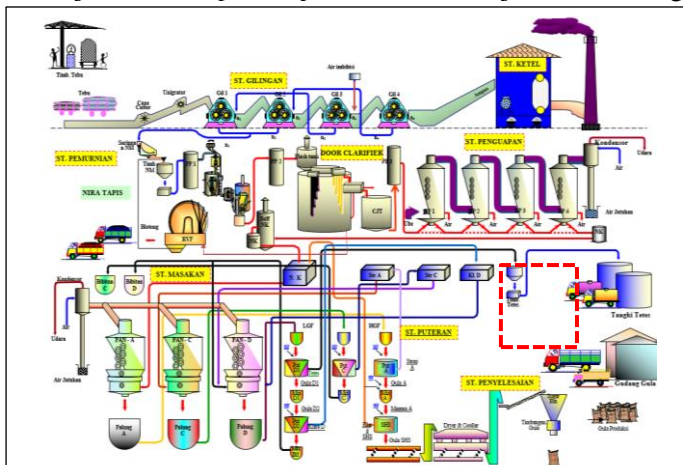
$$T_t^2 = \mathbf{M}_t' \boldsymbol{\Sigma}_{\mathbf{M}_t}^{-1} \mathbf{M}_t, \quad (2.47)$$

$$\boldsymbol{\Sigma}_{\mathbf{M}_t} = \frac{\lambda}{2 - \lambda} \left[1 - (1 - \lambda)^{2t} \right] \boldsymbol{\Sigma}. \quad (2.48)$$

2.10 Proses Produksi Gula di PG Tjoekir Jombang

Pabrik gula Tjoekir menghasilkan produk utama gula kristal putih I (GKPI) dengan kualitas IA dan hasil sampingnya adalah ampas, tetes tebu dan blotong. Proses pemurniannya

menggunakan belerang dan kapur untuk pemisahan dari nira jernihnya. Faktor utama yang menentukan mutu hasil produksi adalah pada bahan dasar. Dalam hal ini tergantung pada bahan baku dan bahan-bahan pembantu. Bahan baku PG Tjoekir yang digunakan adalah tebu yang berasal dari petani dari tiga sumber, yakni tebu rakyat, tebu pabrik, dan tebu dari luar. Ada 8 Kecamatan yang menangani tebu dari rakyat, yaitu Gudo, Diwek, Jogoroto, Mojoagung, Mojowarno, Wonosalam, Ngono dan Gareng. Gambar 2.1 menunjukkan alur proses produksi di PG Tjoekir Jombang.



Gambar 2.1 Bagan Alur Proses Pengolahan Gula

Berdasarkan Gambar 2.1 terdapat 7 proses yang berlangsung dengan keterangan sebagai berikut:

1. Stasiun Penimbangan

Stasiun ini berfungsi untuk mengetahui banyaknya tebu yang akan diproses atau digiling di unit ekstraksi. Tebu dari kebun diangkut menggunakan truk dan lori. Tebu yang masuk melalui proses seleksi mutu, menunggu giliran penimbangan sebelum digiling. Tebu yang diangkut dengan truk ditimbang pada DCS (*Digital Crane Scale*). Hasil timbangan yang diperoleh adalah bruto, tara, dan netto. Setelah ditimbang, tebu siap dikirim ke stasiun gilingan untuk diproses lebih lanjut. Sistem

penggilingan yang dilakukan di PG Tjoekir adalah sistem FIFO (*First In First Out*) yang artinya tebu yang masuk lebih dulu akan digiling lebih dulu pula. Hal ini untuk menghindari penimbangan tebu yang terlalu lama karena dapat menyebabkan kerusakan pada tebu akibat sinar matahari maupun mikroorganisme atau bakteri.

2. Stasiun Penggilingan (Ekstraksi)

Stasiun ekstraksi merupakan awal proses untuk membuat gula yang didapatkan dari nira (sari tebu). Proses ini bertujuan untuk mengambil nira yang ada di dalam tebu sebanyak mungkin dengan cara yang efektif, efisien dan ekonomis. Proses yang terjadi adalah untuk memperoleh nira mentah dari tebu, memisahkan gula dari ampasnya dan sekaligus menimbang hasil nira mentah sebelum masuk unit pemurnian. Pada stasiun ini dihasilkan nira mentah yang maksimum dan ampas yang mengandung gula seminimal mungkin.

3. Stasiun Pemurnian (Purifikasi)

Pada pabrik gula, proses yang berlangsung pada stasiun ini termasuk proses yang penting, karena hasil pemurnian ini akan sangat mempengaruhi kualitas dari gula yang dihasilkan. Adapun tujuan dari proses pemurnian yaitu menghilangkan sebanyak mungkin kotoran yang terdapat dalam nira mentah dengan tetap menjaga agar jangan sampai sukrosa maupun gula reduksinya mengalami kerusakan pada aliran proses stasiun ini.

4. Stasiun Penguapan (Evaporasi)

Tujuan dari proses penguapan ini adalah untuk menguapkan kandungan air dalam nira encer sehingga didapat nira kental. Di PG Tjoekir ini terdapat 6 badan penguap yang terdiri dari 3 badan penguap secara seri, 2 badan penguap secara paralel, sedangkan 1 badan penguap secara bergiliran dibersihkan setiap harinya.

5. Stasiun Masakan (Kristalisasi)

Stasiun ini merupakan proses operasi untuk memperoleh kristal gula yang baik dengan cara kristalisasi. Kristalisasi sendiri adalah proses pembentukan kristal padat dari suatu larutan

induk yang homogen. Proses ini adalah salah satu teknik pemisahan padat-cair yang sangat penting dalam industri. Syarat utama terbentuknya kristal dari suatu larutan adalah larutan induk harus dibuat dalam kondisi jenuh (*super saturated*). Yang dimaksud dengan kondisi lewat jenuh adalah kondisi di mana pelarut (*solvent*) mengandung zat terlarut (*solute*) melebihi kemampuan pelarut tersebut untuk melarutkan *solute*.

6. Stasiun Putaran (Sentrifuse)

Proses pada stasiun putaran bertujuan untuk memisahkan kristal gula dari larutannya (*stroop*). Pada prinsipnya proses pengkristalan terjadi dalam pan masakan yang merupakan suatu campuran dari larutan dan kristal sukrosa. Setelah mengalami pendinginan pada palung pendingin lalu dipisahkan kristal gula dari *stroop*-nya pada unit putaran. Pemisahan ini dipakai alat berupa saringan yang menggunakan gaya sentrifugal sebagai kekuatan dorongnya. Pemisahan kristal gula dari *stroop*-nya dibantu dengan pemberian air dan uap.

7. Stasiun Penyelesaian

Tujuan dari stasiun ini adalah menyelesaikan hasil-hasil dari putaran sehingga menghasilkan gula produksi. Tugas utama dari stasiun ini adalah mengeringkan kristal gula, karena gula SHS yang turun dari putaran SHS masih basah dan ukuran kristal tidak rata.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder karakteristik kualitas hasil proses produksi tetes tebu di PG Tjoekir Jombang pada bulan Juli 2017 – Oktober 2017. Jumlah data yang digunakan dalam penelitian adalah sebanyak 1560. Struktur data pengamatan yang digunakan untuk peta kendali dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Struktur Data Pengamatan

Pengamatan Pada Jam $Ke-(t)$	Karakteristik Kualitas (i)	
	%Brix	%HK
1	z_{11}	z_{12}
2	z_{21}	z_{22}
\vdots	\vdots	\vdots
t	z_{t1}	z_{t2}
\vdots	\vdots	\vdots
n	z_{n1}	z_{n2}

Karakteristik kualitas yang diukur adalah persentase Brix dan persentase HK, di mana kedua variabel ini memiliki keterkaitan satu sama lain (dependen). Apabila persentase Brix rendah maka persentase HK menjadi tinggi, begitu pula sebaliknya. Terdapat 3 *shift* dalam satu hari dengan lama kerja sebesar 8 jam. Pengambilan sampel tetes tebu yang dilakukan adalah setiap jam, oleh karena itu diperoleh 24 sampel setiap hari, sehingga subgrup yang digunakan adalah jam karena diasumsikan heterogen satu sama lain dengan ukuran subgrup sebesar 1. Cairan tetes tebu yang selesai diproduksi, ditimbang dengan menggunakan *flow meter* menuju peti tetes yang berkapasitas sekitar 4000 ton, setelah itu pada peti tetes diambil sampel menggunakan ember kecil dengan volume sekitar 600 ml dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

3.2 Variabel Penelitian

Terdapat dua karakteristik kualitas yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu persentase Brix dan persentase HK. Definisi dari setiap karakteristik kualitas dijelaskan pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Variabel Penelitian

Variabel	Definisi Operasional	Batas Spesifikasi	Satuan
Z ₁ (Brix)	<ul style="list-style-type: none"> - Jumlah zat padat semu yang larut (dalam gr) setiap 100 gr larutan langsung. - Dapat diukur dengan <i>Piknometer</i>, <i>Hydrometer</i> dan Indeks Bias dengan Refraktometer 	Min. 87	%
Z ₂ (HK)	<ul style="list-style-type: none"> - Harkat Kemurnian - Ukuran dari kemurnian nira, semakin murni secara relatif semakin banyak mengandung gula. Zat ini terdiri dari gula dan bukan gula. Perbandingan berat kedua zat itu yang dinamakan hasil bagi kemurnian. 	30-33	%

3.3 Langkah Analisis

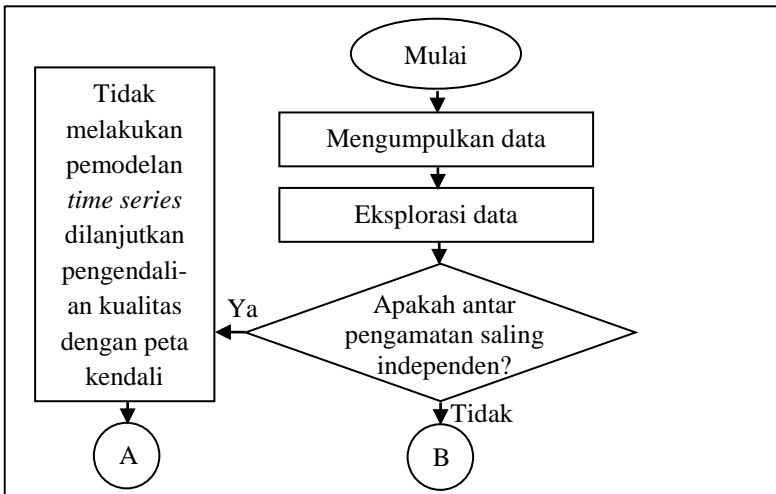
Langkah analisis yang dipakai untuk menganalisis data hasil produksi tetes tebu di PG Tjoekir adalah sebagai berikut:

1. Melakukan eksplorasi data dari setiap karakteristik kualitas, yakni persentase Brix dan persentase HK.
2. Melakukan pemeriksaan autokorelasi pada pengamatan, sehingga apabila terdapat independensi antar pengamatan, peta kendali yang digunakan adalah peta kendali berbasis *time series*.
3. Melakukan pengujian asumsi dependensi pada variabel persentase Brix dan persentase HK dengan menggunakan

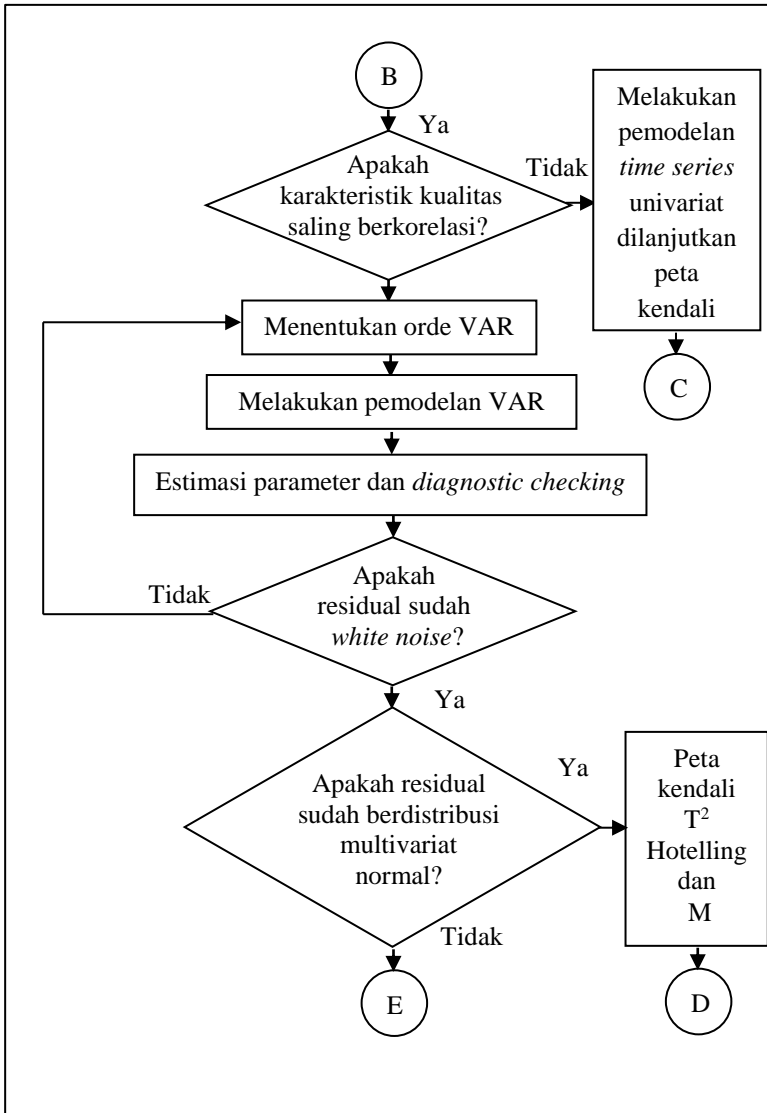
Persamaan (2.1), sehingga apabila terdapat korelasi antar variabel maka peta kendali *time series* yang digunakan adalah multivariat.

4. Mendapatkan residual dari model *time series* terbaik untuk seluruh karakteristik kualitas menggunakan VAR dengan tahapan sebagai berikut:
 - Mengidentifikasi orde model VAR berdasarkan *partial autoregression matrix function* yang dapat dihitung pada Persamaan (2.12). Orde VAR ditentukan dengan melihat lag yang mengandung tanda (+) atau (-) pada *partial autoregression matrix function* dan melihat nilai AIC.
 - Melakukan estimasi parameter model VAR dengan Persamaan (2.22)
 - Melakukan pengujian signifikansi parameter dengan Persamaan (2.23)
 - Melakukan pengujian residual *white noise* dengan Persamaan (2.24)
 - Melakukan pengujian distribusi normal multivariat dengan Persamaan (2.26)
5. Memonitor variabilitas proses produksi menggunakan peta kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) dengan tahapan sebagai berikut:
 - Membuat matriks \mathbf{C} dengan ω adalah diagonal utama dan merupakan nilai pembobot yang sudah ditentukan sebelumnya dengan Persamaan (2.36)
 - Membuat matriks \mathbf{M} (matriks segitiga bawah) dengan elemen λ dan matriks \mathbf{I}_n yang merupakan matriks identitas berukuran $n \times n$ dengan Persamaan (2.38)
 - Menghitung nilai Q untuk mendapatkan $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ dengan Persamaan (2.41)
 - Menghitung $\text{tr}(\mathbf{V}_n)$ sesuai dengan Persamaan (2.42) dan $E[\text{tr}(\mathbf{V}_n)]$ serta $\text{Var}(\text{tr}(\mathbf{V}_n))$ sesuai dengan Persamaan (2.43) dengan Persamaan (2.44)
 - Menentukan batas kendali setiap pengamatan sesuai dengan Persamaan (2.45)

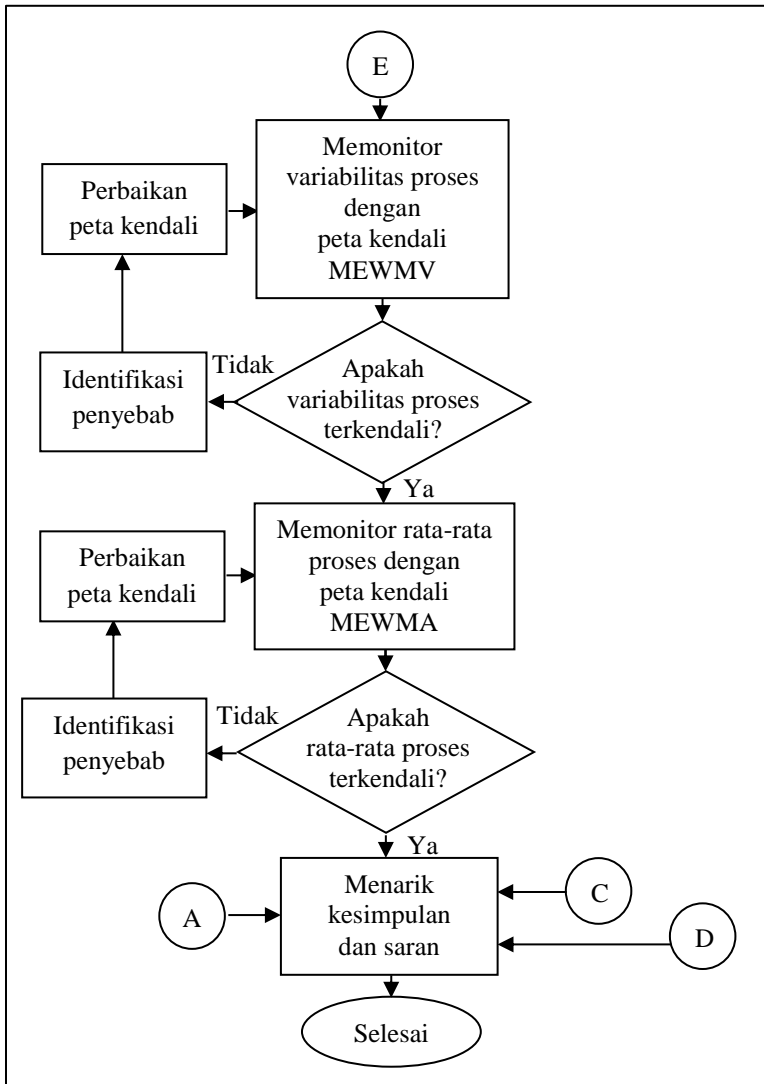
6. Memonitor rata-rata proses produksi menggunakan peta kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) dengan tahapan sebagai berikut:
 - Menetapkan pembobot yakni λ dengan h_4 yang telah ditentukan pada peta kendali MEWMA.
 - Menghitung vektor MEWMA \mathbf{M}_t dengan Persamaan (2.46)
 - Menghitung matriks varians kovarians $\Sigma_{\mathbf{M}_t}$ dengan Persamaan (2.48)
 - Menghitung statistik MEWMA yang akan diplotkan yaitu T_t^2 dengan Persamaan (2.47)
7. Menarik kesimpulan dan saran berdasarkan analisis.
Langkah analisis diatas dapat digambarkan seperti pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir (Lanjutan)



Gambar 3.1 Diagram Alir (Lanjutan)

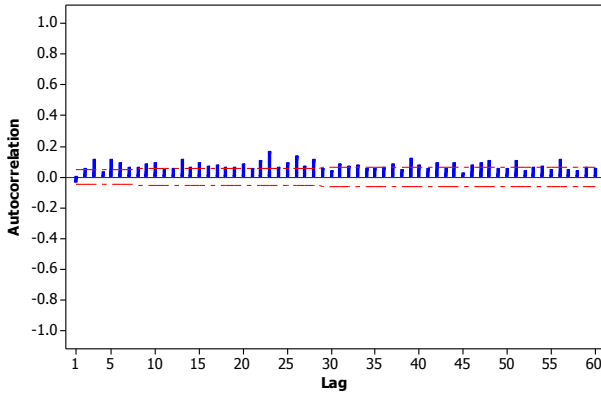
BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

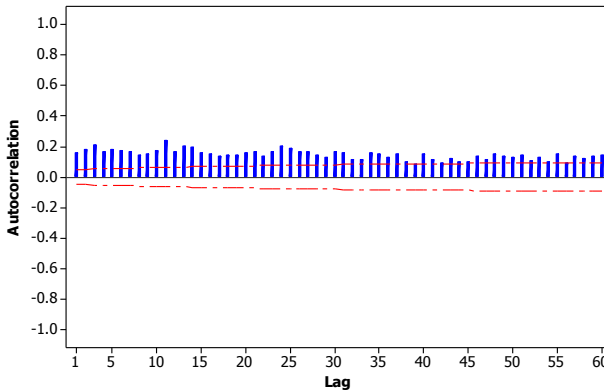
Analisis dan pembahasan dilakukan terhadap 2 karakteristik kualitas tetes tebu hasil produksi gula di PG. Tjoekir Jombang yaitu persentase Brix dan persentase HK. Analisis dimulai dengan memeriksa adanya autokorelasi pada hasil pengukuran 2 karakteristik kualitas tersebut, karena proses produksi yang berlangsung adalah *continous production* maka diduga terdapat adanya hubungan antar pengamatan. Kemudian dilanjutkan dengan menguji korelasi masing-masing karakteristik kualitas dan melihat karakteristik persentase Brix dan persentase HK dengan menggunakan statistika deskriptif. Setelah itu dilakukan pemodelan dengan *Vector Autoregressive* (VAR) dilakukan pada kedua karakteristik kualitas untuk mendapatkan residual dari model VAR terbaik yang diperoleh. Setelah mendapatkan residual, akan dilakukan monitor terhadap variabilitas dan rata-rata proses dengan peta kendali MEWMV dan MEWMA.

4.1 Pemeriksaan Autokorelasi Karakteristik Kualitas Tetes Tebu

Syarat yang harus dipenuhi ketika menerapkan peta kendali adalah tidak adanya dependensi antar pengamatan pada setiap karakteristik kualitasnya. Apabila terjadi hal tersebut, maka perlu dilakukan pemodelan *time series* terlebih dahulu pada data aslinya. Ada atau tidak adanya dependensi antar pengamatan pada setiap karakteristik kualitasnya dapat diketahui dengan memeriksa *plot* ACF-nya untuk setiap karakteristik kualitas. Gambar 4.1 berikut ini merupakan hasil pemeriksaan *plot* ACF pada karakteristik kualitas persentase Brix dan persentase Pol dengan data yang digunakan pada Lampiran A.



(a)



(b)

Gambar 4.1 Plot ACF (a) Persentase Brix, (b) Persentase HK

Pada Gambar 4.1 terdapat dua *plot* ACF untuk masing-masing karakteristik kualitas yakni persentase Brix dan persentase HK yang menunjukkan bahwa kedua karakteristik kualitas tersebut mengandung autokorelasi. Sehingga dapat dikatakan bahwa antar pengamatan pada setiap karakteristik kualitas memiliki hubungan satu sama lain. Hal ini juga diindikasikan dengan proses produksi tetes tebu yang berlangsung secara terus-menerus. Oleh karena itu, penggunaan peta kendali berbasis *time series* merupakan metode

yang tepat untuk melakukan pengendalian proses tetes tebu di PG Tjoekir Jombang.

4.2 Deskripsi Karakteristik Kualitas Tetes Tebu

Deskripsi karakteristik kualitas tetes tebu dapat dilakukan dengan menggunakan statistika deskriptif untuk memberikan gambaran umum tentang hasil produksi tetes tebu. Gambaran umum tersebut meliputi rata-rata, varians, nilai minimum dan maksimum dari masing-masing karakteristik kualitas. Tabel 4.1 merupakan hasil analisis deskriptif terhadap karakteristik kualitas tetes tebu.

Tabel 4.1 Karakteristik Kualitas Tetes Tebu

Var.	Spec.	Mean	Varians	Nilai Min.	Nilai Maks.
% Brix	Min. 87	88,448	0,922	85,800	91,350
% HK	30-33	32,602	0,357	31,014	34,238

Tabel 4.1 menunjukkan hasil analisis statistika deskriptif pada kedua karakteristik kualitas tetes tebu yang diproduksi oleh PG Tjoekir Jombang periode giling Juli-Oktober 2017. Karakteristik kualitas persentase Brix memiliki rata-rata sebesar 88,448% dengan nilai minimum dan maksimum berturut-turut sebesar 85,800% dan 91,350% dimana keseluruhan nilai tersebut berada diatas batas spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan. Demikian pula untuk persentase HK, rata-rata yang diperoleh adalah sebesar 32,602% dengan nilai minimum dan maksimum berturut-turut sebesar 31,014% dan 34,238%. Nilai rata-rata yang diperoleh tersebut juga telah berada diatas batas spesifikasinya.

4.3 Dependensi Hubungan Persentase Brix dan Persentase HK

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan dari kedua karakteristik kualitas yang digunakan yaitu, persentase Brix dan persentase HK. Pengujian yang dilakukan menggunakan uji *Pearson*. Pada pengujian ini digunakan taraf signifikan sebesar 0,05 dengan daerah keputusan H_0 ditolak jika *p-value* kurang dari taraf signifikan yang telah ditentukan serta. Berdasarkan hasil pada

Lampiran B, diperoleh nilai r sebesar -0,339 dengan p -value sebesar 0,000. P -value yang diperoleh lebih kecil dibandingkan dengan taraf signifikan sebesar 0,05, oleh karena itu diperoleh keputusan H_0 ditolak. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa kedua karakteristik kualitas, yakni persentase Brix dan persentase HK saling berhubungan. Hal ini telah sesuai dengan fakta dilapangan bahwa kedua variabel saling berhubungan, apabila nilai persentase Brix rendah, maka nilai persentase HK juga tinggi, begitupun sebaliknya.

4.4 Pemodelan *Time Series*

Pemodelan *time series* bertujuan untuk memperoleh residual dari model terbaik yang dihasilkan. Menurut Montgomery (2009), residual dari hasil model *time series* akan merepresentasikan kondisi nyata dari data asli. Sehingga, residual yang diperoleh akan dilakukan pengendalian kualitasnya secara multivariat. Langkah awal dalam pemodelan *time series* adalah melakukan identifikasi stasioneritas dari karakteristik kualitas tetes tebu yaitu persentase Brix dan persentase HK, kemudian dilanjutkan dengan penentuan orde dari model *time series*, serta melakukan estimasi parameter lalu menguji signifikansi parameter dan diakhiri dengan melakukan pemeriksaan diagnostik (*diagnostic checking*).

4.4.1 Pemeriksaan Stasioneritas

Sebelum melakukan pemodelan *time series*, terdapat beberapa asumsi awal yang harus dipenuhi yakni stasioner terhadap varians dan rata-ratanya. Stasioneritas terhadap varians dilihat dengan transformasi *Box-Cox* sedangkan stasioneritas terhadap rata-rata dilakukan dengan uji Augmented Dickey Fuller. Tabel 4.2 merupakan hasil pemeriksaan stasioneritas terhadap varians menggunakan transformasi *Box-Cox*. Data dikatakan stasioner terhadap varians apabila nilai *confidence interval* mengandung nilai 1, sehingga transformasi tidak perlu dilakukan atau dengan kata lain, data telah stasioner dalam varians. Tanda (*) berarti nilai *confidence interval* berada diluar interval -5 sampai 5. Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kedua karakteristik kualitas

telah stasioner terhadap varians karena setiap *confidence interval* mengandung nilai 1 sehingga tidak perlu dilakukan transformasi.

Tabel 4.2 Pemeriksaan Stasioneritas Terhadap Varians

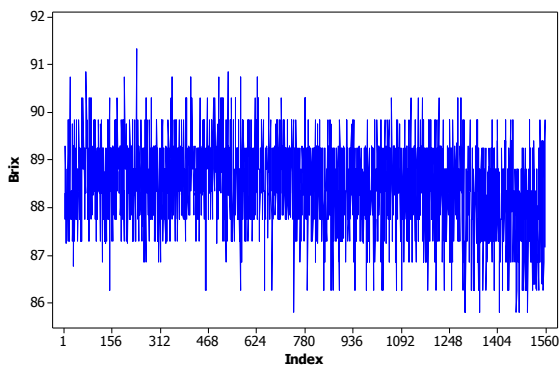
Karakteristik Kualitas	Lower CL	Upper CL	Rounded Value
%Brix	*	*	5,00
%HK	-4,73	1,24	-2,00

Setelah dilakukan pemeriksaan stasioneritas terhadap varians, dilanjutkan dengan melakukan pengujian stasioneritas terhadap rata-rata dengan uji Augmented Dickey Fuller. Berdasarkan Lampiran D, diperoleh hasil pada Tabel 4.3 sebagai berikut:

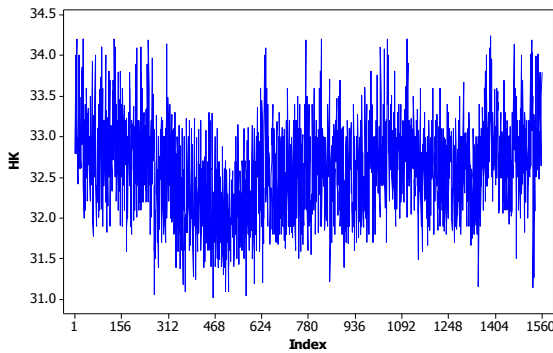
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Stasioneritas Terhadap Rata-Rata

Karakteristik Kualitas	Dickey-Fuller	p-value
%Brix	-10,863	<0,01
%HK	-5,668	<0,01

Berdasarkan Tabel 4.3 diperoleh *p-value* yang sama untuk persentase Brix dan persentase HK yakni sebesar <0,01 sehingga dengan taraf signifikansi sebesar 0,05, *p-value* yang diperoleh kurang dari taraf signifikannya. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa kedua data karakteristik kualitas telah stasioner dalam rata-rata.

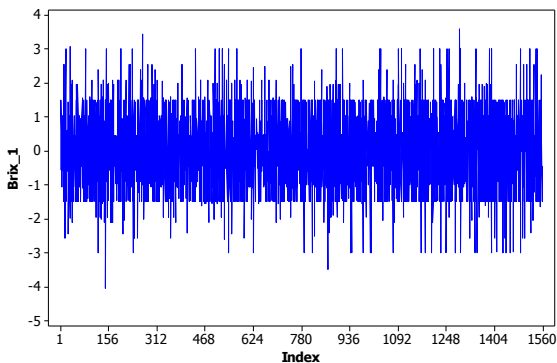


Gambar 4.2 Time Series Plot Persentase Brix

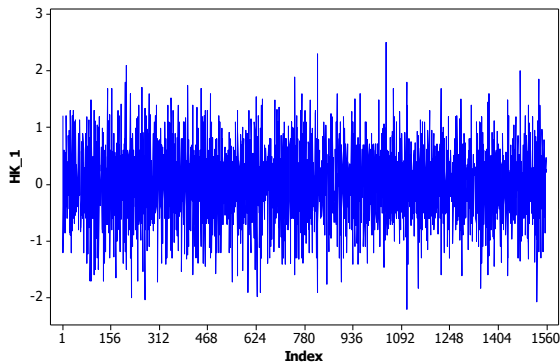


Gambar 4.3 *Time Series Plot* Persentase HK

Namun apabila dilihat dari *time series plot*-nya pada Gambar 4.2 dan 4.3 terlihat data bahwa belum stasioner terhadap rata-rata. Hal ini ditunjukkan karena adanya pola data yang naik turun, oleh karena itu perlu dilakukan *differencing* pada kedua karakteristik kualitas yakni persentase Brix dan persentase HK. Sehingga setelah dilakukan *differencing* dapat dilihat pada *time series plot* yang baru pada Gambar 4.4 dan 4.5 bahwa data yang digunakan telah stasioner terhadap rata-ratanya.



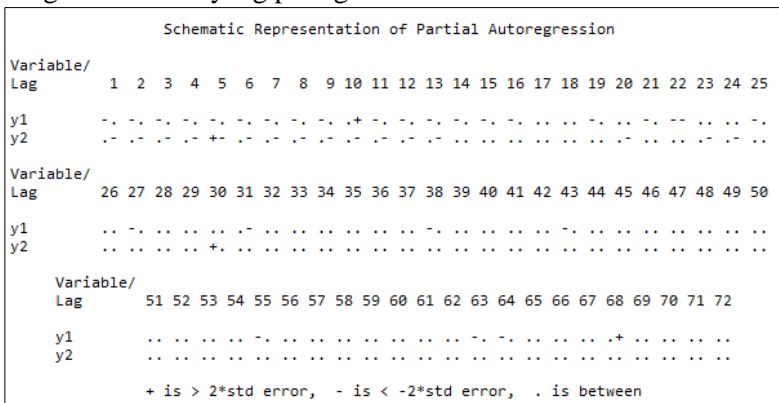
Gambar 4.4 *Time Series Plot* Persentase Brix Setelah di *Differencing*



Gambar 4.5 Time Series Plot Persentase HK Setelah di Differencing

4.4.2 Identifikasi Orde VARI

Identifikasi orde VARI dilakukan dengan melihat *partial autoregression matrix function* pada Gambar 4.6. Berdasarkan Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa nilai *partial autoregression* masih banyak yang signifikan pada lag panjang, hal ini ditunjukkan dari tanda (+) dan (-). Sehingga untuk menentukan orde VARI yang optimum, dilakukan dengan melihat nilai MINIC (*Minimum Information Criterion*) menggunakan kriteria AIC (*Akaike Information Criterion*). Model yang dipilih adalah model VARI dengan nilai AIC yang paling kecil.



Gambar 4.6 Partial Autoregression Matrix Function

Tabel 4.4 menunjukkan nilai AIC dari model VARI(1,1) sampai dengan VARI(30,1). Berdasarkan Tabel 4.4 nilai AIC terkecil diperoleh pada model VARI(30,1) sebesar -1,4026. Sehingga model VARI(30,1) adalah model yang dipilih untuk digunakan pada analisis selanjutnya.

Tabel 4.4 Nilai *Akaike Information Criterion* (AIC)

Model	AIC	Model	AIC
VARI(1,1)	-0,6317	VARI(16,1)	-1,3664
VARI(2,1)	-0,9566	VARI(17,1)	-1,3652
VARI(3,1)	-1,0613	VARI(18,1)	-1,3651
VARI(4,1)	-1,1595	VARI(19,1)	-1,3655
VARI(5,1)	-1,2105	VARI(20,1)	-1,3643
VARI(6,1)	-1,2376	VARI(21,1)	-1,3657
VARI(7,1)	-1,2507	VARI(22,1)	-1,3918
VARI(8,1)	-1,2714	VARI(23,1)	-1,3933
VARI(9,1)	-1,2954	VARI(24,1)	-1,3955
VARI(10,1)	-1,3275	VARI(25,1)	-1,3999
VARI(11,1)	-1,3348	VARI(26,1)	-1,4001
VARI(12,1)	-1,3551	VARI(27,1)	-1,4005
VARI(13,1)	-1,3624	VARI(28,1)	-1,3998
VARI(14,1)	-1,3656	VARI(29,1)	-1,4004
VARI(15,1)	-1,3666	VARI(30,1)	-1,4026

Keterangan: Cetak *bold* merupakan nilai AIC paling minimum

4.4.3 Estimasi dan Pengujian Signifikansi Parameter

Setelah diperoleh model VARI(30,1) langkah selanjutnya adalah melakukan estimasi dan pengujian signifikansi parameter model. Parameter model VARI(30,1) diestimasi menggunakan metode *Least Square* (LS), Tabel 4.5 berikut menunjukkan hasil estimasi dan pengujian signifikansi pada parameter model VARI(30,1) dari masing-masing karakteristik kualitas yakni persentase Brix dan persentase HK.

Tabel 4.5 Estimasi Parameter Model VARI(30,1)

Variabel Output	Parameter	Nilai Estimasi	p-value
Brix	AR1_1_1	-1,1142	0,0001
	AR1_1_2	-0,0482	0,2958
	AR2_1_1	-1,1256	0,0001
	AR2_1_2	-0,0725	0,2644
	AR3_1_1	-1,0686	0,0001
	AR3_1_2	-0,0026	0,9738
	AR4_1_1	-1,0710	0,0001
	AR4_1_2	0,0687	0,4294
	AR5_1_1	-0,9983	0,0001
	AR5_1_2	0,1191	0,2050
	AR6_1_1	-0,9476	0,0001
	AR6_1_2	0,1147	0,2487
	AR7_1_1	-0,9325	0,0001
	AR7_1_2	0,0843	0,4180
	AR8_1_1	-0,9312	0,0001
	AR8_1_2	0,0659	0,5423
	AR9_1_1	-0,8902	0,0001
	AR9_1_2	0,0423	0,7058
	AR10_1_1	-0,8533	0,0001
	AR10_1_2	0,0254	0,8258
	AR11_1_1	-0,8856	0,0001
	AR11_1_2	-0,1201	0,3097
	AR12_1_1	-0,8724	0,0001
	AR12_1_2	-0,1025	0,3912
	AR13_1_1	-0,8015	0,0001
	AR13_1_2	-0,0845	0,4830
	AR14_1_1	-0,7720	0,0001
	AR14_1_2	-0,0697	0,5640
	AR15_1_1	-0,7286	0,0001
	AR15_1_2	-0,0737	0,5427
	AR16_1_1	-0,6912	0,0001
	AR16_1_2	-0,0467	0,7000

Keterangan: Cetak *bold* merupakan estimator yang signifikan dengan $\alpha = 0,05$

Tabel 4.5 Estimasi Parameter Model VARI(30,1) (Lanjutan)

Variabel Output	Parameter	Nilai Estimasi	p-value
Brix	AR17_1_1	-0,6553	0,0001
	AR17_1_2	-0,0329	0,7863
	AR18_1_1	-0,6502	0,0001
	AR18_1_2	-0,0406	0,7374
	AR19_1_1	-0,6342	0,0001
	AR19_1_2	-0,0280	0,8160
	AR20_1_1	-0,6073	0,0001
	AR20_1_2	-0,0731	0,5383
	AR21_1_1	-0,5954	0,0001
	AR21_1_2	-0,1349	0,2460
	AR22_1_1	-0,5086	0,0001
	AR22_1_2	-0,0754	0,5041
	AR23_1_1	-0,3455	0,0001
	AR23_1_2	0,0384	0,7259
	AR24_1_1	-0,3020	0,0001
	AR24_1_2	0,0030	0,9775
	AR25_1_1	-0,2537	0,0003
	AR25_1_2	-0,0149	0,8825
	AR26_1_1	-0,1643	0,0115
	AR26_1_2	-0,0269	0,7779
	AR27_1_1	-0,1163	0,0480
	AR27_1_2	-0,0323	0,7155
	AR28_1_1	-0,0608	0,2387
	AR28_1_2	-0,1054	0,1842
	AR29_1_1	-0,0458	0,2681
	AR29_1_2	-0,0997	0,1305
	AR30_1_1	-0,0408	0,1423
	AR30_1_2	-0,0641	0,1689
HK	AR1_2_1	0,0237	0,1481
	AR1_2_2	-0,9881	0,0001
	AR2_2_1	0,0455	0,0616
	AR2_2_2	-0,9397	0,0001

Keterangan: Cetak *bold* merupakan estimator yang signifikan dengan $\alpha = 0,05$

Tabel 4.5 Estimasi Parameter Model VARI(30,1) (Lanjutan)

Variabel Output	Parameter	Nilai Estimasi	p-value
HK	AR3_2_1	0,0837	0,0058
	AR3_2_2	-0,8276	0,0001
	AR4_2_1	0,0973	0,0051
	AR4_2_2	-0,7881	0,0001
	AR5_2_1	0,1067	0,0056
	AR5_2_2	-0,7262	0,0001
	AR6_2_1	0,0693	0,0943
	AR6_2_2	-0,7084	0,0001
	AR7_2_1	0,0599	0,1715
	AR7_2_2	-0,6931	0,0001
	AR8_2_1	0,0562	0,2210
	AR8_2_2	-0,7071	0,0001
	AR9_2_1	0,0480	0,3133
	AR9_2_2	-0,7006	0,0001
	AR10_2_1	0,0630	0,1966
	AR10_2_2	-0,6510	0,0001
	AR11_2_1	0,0868	0,0811
	AR11_2_2	-0,5096	0,0001
	AR12_2_1	0,1028	0,0426
	AR12_2_2	-0,4633	0,0001
	AR13_2_1	0,0804	0,1182
	AR13_2_2	-0,4029	0,0001
	AR14_2_1	0,0611	0,2392
	AR14_2_2	-0,3612	0,0001
	AR15_2_1	0,0510	0,3290
	AR15_2_2	-0,3519	0,0001
	AR16_2_1	0,0412	0,4312
	AR16_2_2	-0,3540	0,0001
	AR17_2_1	0,0393	0,4504
	AR17_2_2	-0,3799	0,0001
	AR18_2_1	0,0361	0,4841
	AR18_2_2	-0,3839	0,0001

Keterangan: Cetak *bold* merupakan estimator yang signifikan dengan $\alpha = 0,05$

Tabel 4.5 Estimasi Parameter Model VARI(30,1) (Lanjutan)

Variabel Output	Parameter	Nilai Estimasi	p-value
mu	AR19_2_1	0,0558	0,2724
	AR19_2_2	-0,3664	0,0001
	AR20_2_1	0,0549	0,2715
	AR20_2_2	-0,3351	0,0001
	AR21_2_1	0,0626	0,2009
	AR21_2_2	-0,2908	0,0001
	AR22_2_1	0,0364	0,4448
	AR22_2_2	-0,3079	0,0001
	AR23_2_1	0,0222	0,6292
	AR23_2_2	-0,2731	0,0001
	AR24_2_1	0,0028	0,9500
	AR24_2_2	-0,2066	0,0011
	AR25_2_1	0,0051	0,9024
	AR25_2_2	-0,1432	0,0174
	AR26_2_1	-0,0251	0,5175
	AR26_2_2	-0,1325	0,0200
	AR27_2_1	-0,0147	0,6744
	AR27_2_2	-0,0998	0,0586
	AR28_2_1	-0,0100	0,7446
	AR28_2_2	-0,0767	0,1049
HK	AR29_2_1	0,0257	0,2977
	AR29_2_2	-0,0574	0,1438
	AR30_2_1	0,0361	0,0291
	AR30_2_2	-0,0109	0,6950

Keterangan: Cetak *bold* merupakan estimator yang signifikan dengan $\alpha = 0,05$

Berdasarkan estimasi parameter dan pengujian signifikansi model VARI(30) didapatkan bahwa dengan taraf signifikan sebesar 0,05 diperoleh sebanyak 58 parameter yang signifikan dan 62 parameter yang tidak signifikan. Dalam penelitian ini, parameter yang tidak signifikan tetap dimasukkan kedalam model. Sehingga model VARI(30,1) ini digunakan untuk mendapatkan residual yang akan dikendalikan menggunakan peta kendali sebagai gambaran proses produksi yang berlangsung.

4.4.4 Pemeriksaan Diagnostik

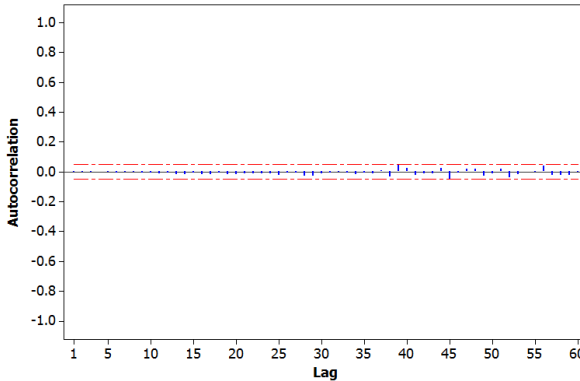
Setelah dilakukan estimasi parameter, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemeriksaan diagnostik pada residual model yang diperoleh. Tabel 4.6 berikut merupakan hasil dari pengujian Portmanteau.

Tabel 4.6 Hasil Uji Portmanteau Model VARI(30,1)

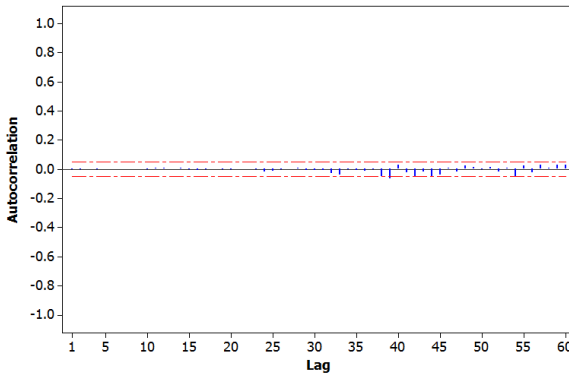
Lag	p-value	Lag	p-value	Lag	p-value
31	0,0103	45	0,0117	59	0,1171
32	0,0118	46	0,0261	60	0,1455
33	0,0269	47	0,0415	61	0,1740
34	0,0723	48	0,0523	62	0,1244
35	0,1973	49	0,0702	63	0,1612
36	0,3294	50	0,0717	64	0,1397
37	0,4712	51	0,1021	65	0,1151
38	0,4208	52	0,1132	66	0,1553
39	0,1134	53	0,1259	67	0,1840
40	0,1456	54	0,1220	68	0,1686
41	0,1143	55	0,1291	69	0,1588
42	0,0475	56	0,0985	70	0,1764
43	0,0623	57	0,1162	71	0,1982
44	0,0269	58	0,1250	72	0,2201

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.6 p-value untuk semua lag lebih dari taraf signifikan yang digunakan yakni sebesar 0,05 kecuali pada 8 lag, yakni lag ke-31, 32, 33, 42, 44, 45, 46 dan 47. Namun, residual dari model VARI(30,1) ini merupakan residual yang paling mendekati dengan asumsi *white noise*, selebihnya untuk pembuktian model VARI lain terlampir pada Lampiran G. Sehingga untuk lebih lanjut akan dilihat plot ACF untuk masing-masing karakteristik kualitasnya pada Gambar 4.7. Setelah dilihat, semua lag untuk setiap karakteristik kualitas persentase Brix dan persentase HK telah berada dalam batas signifikansinya. Oleh karena itu, residual telah memenuhi asumsi *white noise*. Selanjutnya dilakukan pengujian distribusi normal multivariat

dengan menggunakan pengujian Shapiro-Wilk diperoleh hasil *p-value* pada Lampiran H sebesar 0,0004 dimana nilai tersebut kurang dari taraf signifikan yang digunakan sebesar 0,05. Oleh karena itu, dikatakan residual belum memenuhi distribusi normal multivariat. Sehingga, peta kendali yang digunakan adalah peta kendali yang *robust* terhadap distribusi normal multivariat.



(a)



(b)

Gambar 4.7 Plot ACF Residual (a) Persentase Brix, (b) Persentase HK

4.5 Pengendalian Kualitas Tetes Tebu

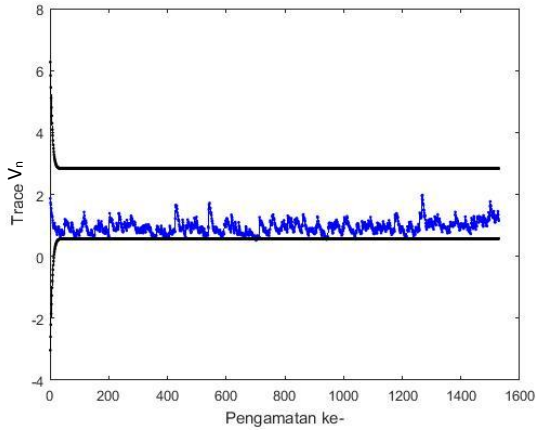
Pengendalian kualitas tetes tebu produksi PG Tjoekir Jombang dilakukan dengan menggunakan peta kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV) untuk memonitor variabilitas proses dan *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA) untuk memonitor rata-rata proses. Pada penelitian ini pengendalian yang dilakukan tidak dibedakan dalam dua fase. Hal ini dikarenakan belum adanya pengendalian kualitas secara statistik di PG Tjoekir Jombang sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kebaikan proses yang berjalan hingga saat ini. Sehingga hasilnya dapat dijadikan pertimbangan untuk melakukan *improve* selama proses produksi dalam mempertahankan kualitas.

Menurut Huwang (2007), nilai pembobot yang akan memberikan kinerja yang lebih baik untuk memonitor variabilitas proses adalah ω dan λ masing-masing bernilai $\leq 0,4$. Sehingga, dalam penelitian ini akan digunakan nilai pembobot yang masing-masing bernilai kurang dari 0,4. Karena perusahaan belum pernah melakukan monitor secara statistik, maka dalam membentuk peta kendali MEMWV digunakan dengan pasangan nilai ω dan λ yang sama.

4.5.1 Pengendalian Variabilitas Proses dengan Peta Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Variance* (MEWMV)

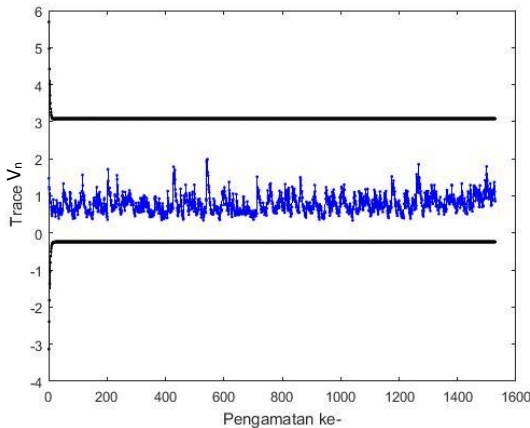
Karena perusahaan belum pernah melakukan monitor secara statistik, maka dalam membentuk peta kendali MEMWV digunakan dengan pasangan nilai ω dan λ yang masing-masing bernilai $\leq 0,4$. Gambar 4.8 merupakan hasil plot $tr(V_n)$ untuk nilai $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,1$. Batas kendali dipengaruhi oleh nilai L yang bergantung pada pembobot yang digunakan pada Lampiran J Sehingga pada pembobot ini diperoleh batas kendali atas (BKA) maksimum sebesar 6,2735 dan batas kendali bawah (BKB) sebesar -3,0335. Berdasarkan nilai pembobot tersebut, terdapat 11 pengamatan yang keluar batas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa variabilitas proses produksi yang berlangsung belum

terkendali, sehingga proses produksi tetes tebu yang berlangsung di PG Tjoekir Jombang belum baik dengan menggunakan pembobot ini.



Gambar 4.8 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,1$

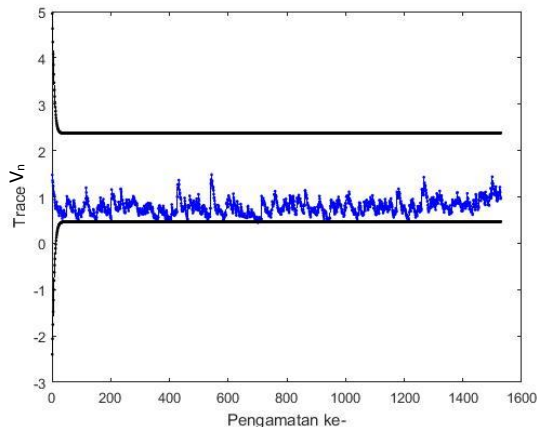
Plot $tr(V_n)$ dengan $\omega = 0,2$ dan $\lambda = 0,2$ yang diperoleh dari Persamaan (2.39) disajikan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega = 0,2$ dan $\lambda = 0,2$

Nilai L untuk $\omega=0,2$ dan $\lambda=0,2$ sebesar 3,4775 sehingga batas kendali atas (BKA) maksimum yang dihasilkan adalah 5,6928 dan batas kendali bawah (BKB) sebesar -3,1328. Dengan menggunakan nilai pembobot masing-masing sebesar 0,2, sudah tidak terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali. Hal ini dapat dikatakan bahwa variabilitas proses produksi tetes tebu PG Tjoekir Jombang sudah terkendali dan baik karena tidak ada pengamatan yang keluar batas kendali. Oleh karena itu, apabila nilai kedua pembobot yang digunakan lebih dari 0,2 yakni $\omega=0,3$ dengan $\lambda=0,3$ serta $\omega=0,4$ dengan $\lambda=0,4$ yang sesuai pada hasil di Lampiran K, akan menghasilkan proses yang *in control* atau sudah tidak ada pengamatan yang keluar dari batas kendali. Sehingga selanjutnya akan digunakan pembobot $\omega=0,1$ dengan kombinasi nilai $\lambda=0,1$ sampai $\lambda=0,4$.

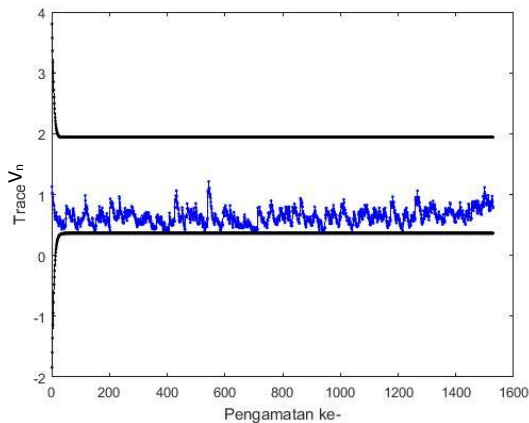
Plot $tr(V_n)$ dengan $\omega=0,1$ dan $\lambda=0,2$ yang diperoleh dari Persamaan (2.39) disajikan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega=0,1$ dan $\lambda=0,2$

Nilai L untuk $\omega=0,1$ dan $\lambda=0,2$ sebesar 2,8738 sehingga batas kendali atas (BKA) maksimum yang dihasilkan adalah 4,9585 sedangkan batas kendali bawah (BKB) sebesar -2,3985. Berdasarkan nilai pembobot tersebut, terdapat 2 pengamatan yang

keluar batas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa variabilitas proses produksi yang berlangsung masih belum terkendali, sehingga proses produksi tetes tebu yang berlangsung di PG Tjoekir Jombang belum baik dengan menggunakan pembobot ini. Selanjutnya membuat peta kendali MEWMV dengan $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,3$ pada Gambar 4.11. Nilai L untuk peta kendali MEWMV dengan $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,3$ sebesar 2,880 sehingga batas kendali atas (BKA) maksimum sebesar 3,8024 dan batas kendali bawah (BKB) sebesar -1,8424.



Gambar 4.11 Peta Kendali MEWMV dengan $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,3$

Dengan menggunakan nilai pembobot $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,3$ sudah tidak terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali. Hal ini dapat dikatakan bahwa variabilitas proses produksi tetes tebu PG Tjoekir Jombang sudah terkendali dan baik karena tidak ada pengamatan yang keluar batas kendali. Pembobot $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,3$ yang digunakan menunjukkan bahwa variabilitas proses terkendali, maka ketika menggunakan pembobot $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,4$ maka variabilitas proses akan terkendali secara statistik juga yang terlampir pada Lampiran K. Langkah selanjutnya adalah melakukan pemilihan pembobot optimum dari $|\max \text{tr}(V_n) - \text{BKA}|$ yang minimum pada Tabel 4.7.

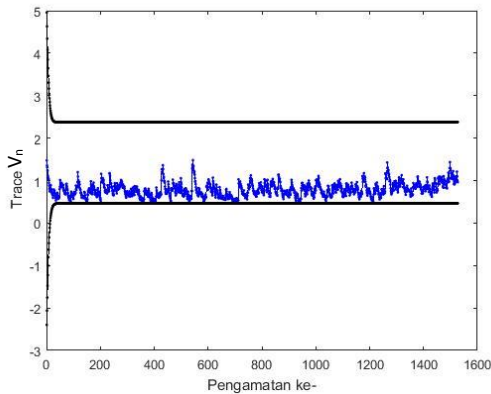
Tabel 4.7 Pemilihan Pembobot Optimum Peta Kendali MEWMV

ω	λ	L	Data Out	Max $tr(V_n)$ (a)	BKA (b)	BKB (c)	$|(a)-(b)|$	(b)-(c)
0,1	0,100	2,8725	11	1,9731	6,2735	-3,0335	4,3004	9,3069
0,1	0,200	2,8738	2	1,9880	4,9585	-2,3985	2,9704	7,3569
0,1	0,300	2,8800	0	2,0394	3,8024	-1,8424	-	-
0,1	0,400	2,8838	0	1,8803	2,7963	-1,3563	-	-
0,2	0,200	3,4775	0	1,9880	5,6928	-3,1328	-	-
0,3	0,300	3,8800	0	2,0394	4,7824	-2,8224	-	-
0,4	0,400	4,1875	0	1,8803	3,7350	-2,2950	-	-

Selisih yang paling minimum dari $max\ tr(V_n)$ dan BKA akan menunjukkan pembobot terbaik untuk mendeteksi adanya data *out of control* dengan menunjukkan *error* yang paling kecil. Semakin kecil selisihnya, maka kemungkinan suatu titik jatuh berada di luar batas kendali (padahal tidak ada *assignable causes*) akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Selain itu, pemilihan pembobot juga didasarkan pada nilai batas kendali yang semakin sempit. Hal ini dikarenakan semakin sempit batas kendali, kemungkinan suatu proses yang seharusnya tidak terkendali namun teridentifikasi sebagai proses yang terkendali akan semakin kecil.

Pemilihan pembobot optimum yang dirangkum pada Tabel 4.7 menunjukkan bahwa $|max\ tr(V_n) - BKA|$ minimum yakni sebesar 2,9704 terletak pada pembobot $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,2$. Selain itu, pada pembobot terpilih tersebut juga memiliki selisih batas kendali atas dan bawah yang terkecil juga yakni sebesar 7,3569. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pembobot yang paling sensitif untuk mendeteksi adanya data *out of control* dengan lebih cepat adalah pembobot $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,2$. Karena pada pembobot terpilih masih terdapat 2 pengamatan yang keluar yakni pengamatan ke-702 dan pengamatan ke-942, perlu dilakukan perbaikan peta kendali dengan menghilangkan pengamatan yang keluar paling terjauh yakni pada pengamatan ke-942 dan pengamatan ke-702 secara satu-persatu. Pengamatan ini dikeluarkan karena diduga ada *assignable causes* pada waktu tersebut, dimana kedua pengamatan tersebut adalah pengamatan pada malam hari. Sehingga diduga petugas lalai dalam melakukan

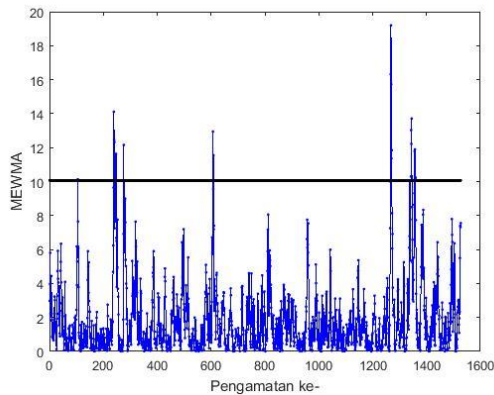
pekerjaannya karena sudah larut malam. Perbaikan peta kendali MEWMV dengan pembobot $\omega=0,1$ dan $\lambda=0,2$ disajikan pada Gambar 4.12 sebagai berikut. Setelah melakukan perbaikan peta kendali sebanyak dua kali, yakni menghilangkan pengamatan ke-942 dan pengamatan ke-702 satu persatu, peta kendali MEWMV dengan pembobot $\omega=0,1$ dan $\lambda=0,2$ telah terkendali secara statistik, sehingga dapat dikatakan variabilitas proses produksi tetes tebu telah terkendali. Dengan menggunakan data yang telah terkendali variabilitasnya, akan dilakukan monitor pada rata-rata prosesnya menggunakan peta kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA).



Gambar 4.12 Perbaikan Peta Kendali MEWMV dengan $\omega=0,1$ dan $\lambda=0,2$

4.5.2 Pengendalian Rata-Rata Proses dengan Peta Kendali *Multivariate Exponentially Weighted Moving Average* (MEWMA)

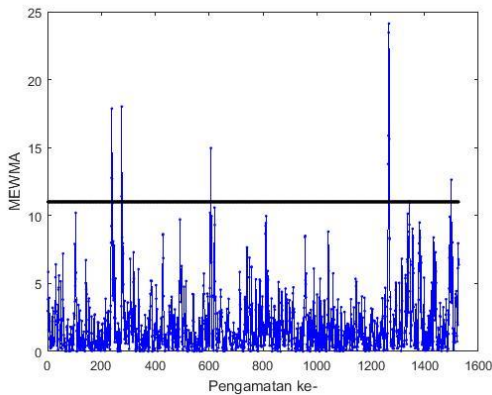
Penerapan peta kendali MEWMA digunakan untuk melakukan monitor pada rata-rata proses pada kedua variabel yaitu persentase Brix dan persentase HK. Peta kendali MEWMA yang menggunakan pembobot yang berbeda-beda dari mulai 0,1 sampai dengan 0,9. Gambar 4.16 ini adalah hasil dari peta kendali MEWMA dengan $\lambda=0,1$.



Gambar 4.13 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,1$

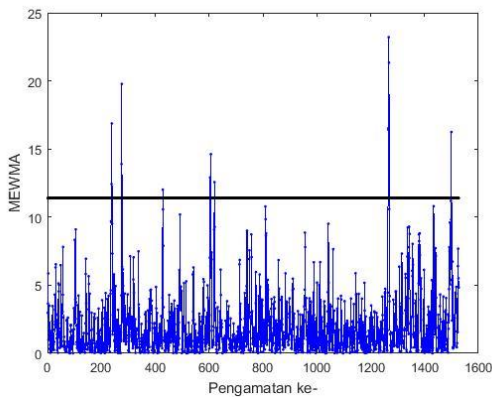
Gambar 4.13 menunjukkan bahwa rata-rata proses dengan pembobot $\lambda = 0,1$ dengan nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 10,07 belum terkendali. Hal ini disebabkan karena 22 titik pengamatan pada peta kendali MEWMA yang didapatkan dari Persamaan (2.43) berada diluar batas kendali atas yakni pengamatan ke-105, 239, 240, 241, 244, 247, 276, 607, 609, 1267, 1268, 1269, 1270, 1271, 1342, 1343, 1344, 1345, 1356, 1357, 1358, dan 1359. Selain itu, peta kendali MEWMA yang terbentuk dengan pembobot $\lambda = 0,1$ menunjukkan pola yang bergerak sangat fluktuatif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rata rata proses tidak terkendali secara statistik. Selanjutnya akan di lakukan diagram MEWMA dengan pembobot $\lambda = 0,2$ pada Gambar 4.14.

Dengan menggunakan pembobot $\lambda = 0,2$ diperoleh nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 11,01. Nilai batas kendali atas yang diperoleh pada pembobot ini lebih lebar dibandingkan nilai batas kendali atas sebelumnya. Namun, dengan lebih lebarnya nilai batas kendali atas, rata-rata prosesnya belum terkendali karena masih terdapat 13 pengamatan keluar batas kendali yakni pada pengamatan ke-238, 239, 240, 275, 276, 607, 1265, 1266, 1267, 1268, 1269, 1343, dan 1500. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rata rata proses tidak terkendali secara statistik.



Gambar 4.14 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,2$

Peta kendali MEWMA untuk memonitor rata-rata proses dengan pembobot $\lambda = 0,3$ ditunjukkan pada Gambar 4.15.

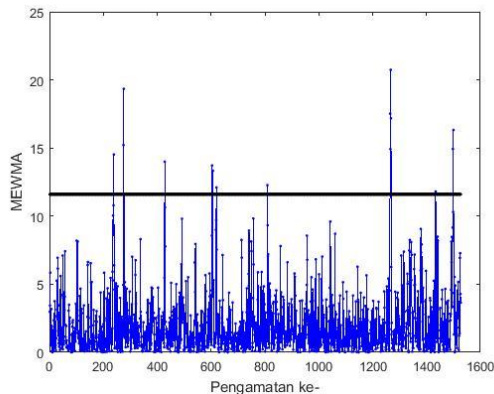


Gambar 4.15 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,3$

Gambar 4.15 menunjukkan bahwa peta kendali MEWMA dengan pembobot $\lambda = 0,3$ diperoleh nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 11,40. Nilai batas kendali atas yang diperoleh pada pembobot ini lebih lebar dibandingkan dua nilai batas kendali atas dengan pembobot yang berbeda sebelumnya. Sehingga dapat disimpulkan semakin besar pembobot yang digunakan, maka batas kendali atas yang diperoleh akan semakin besar atau lebar juga.

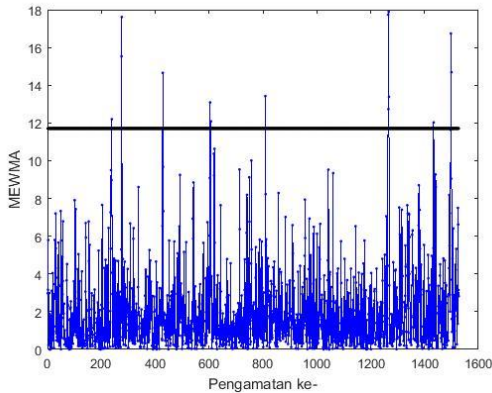
Namun, dengan lebih lebarnya nilai batas kendali atas, rata-rata prosesnya belum terkendali karena masih terdapat 13 pengamatan keluar batas kendali yakni pada pengamatan ke-238, 239, 275, 276, 428, 604, 607, 620, 620, 1265, 1266, 1267, 1268, dan 1500. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rata rata proses tidak terkendali secara statistik.

Dengan menggunakan pembobot $\lambda = 0,4$ pada Gambar 4.16 diperoleh nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 11,60. Namun, dengan pembobot $\lambda = 0,4$ masih terdapat 15 pengamatan keluar batas kendali yakni pada pengamatan ke-239, 275, 276, 428, 604, 607, 620, 809, 1265, 1266, 1267, 1268, 1434, 1498, dan 1500. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rata rata proses tidak terkendali secara statistik.



Gambar 4.16 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,4$

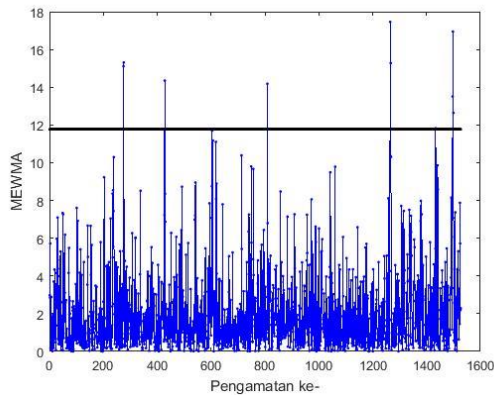
Langkah selanjutnya akan dibuat peta kendali MEWMA dengan pembobot $\lambda = 0,5$ pada Gambar 4.17.



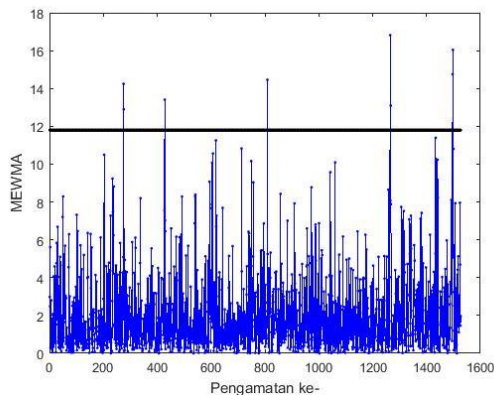
Gambar 4.17 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,5$

Dengan menggunakan pembobot $\lambda = 0,5$ diperoleh nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 11,71. Namun, rata-rata prosesnya belum terkendali karena masih terdapat 14 pengamatan keluar batas kendali yakni pada pengamatan ke-239, 275, 276, 428, 604, 607, 809, 1265, 1266, 1267, 1268, 1434, 1498, dan 1500. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rata rata proses tidak terkendali secara statistik dan dilanjutkan pada pembobot selanjutnya yakni $\lambda = 0,6$ sampai $\lambda = 0,9$.

Gambar 4.18 menunjukkan bahwa peta kendali MEWMA dengan pembobot $\lambda = 0,6$ diperoleh nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 11,77. Dengan nilai batas kendali atas (BKA) yang diperoleh, rata-rata prosesnya belum terkendali karena masih terdapat 10 pengamatan keluar batas kendali yakni pada pengamatan ke-275, 276, 428, 809, 1265, 1267, 1434, 1497, 1498, dan 1500. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rata rata proses tidak terkendali secara statistik. Selanjutnya dibuat peta kendali MEWMA dengan pembobot $\lambda = 0,7$ pada Gambar 4.22.



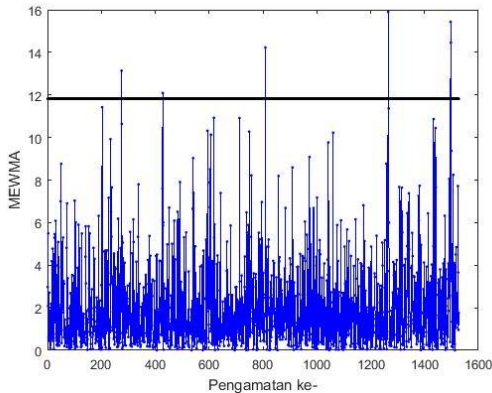
Gambar 4.18 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,6$



Gambar 4.19 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,7$

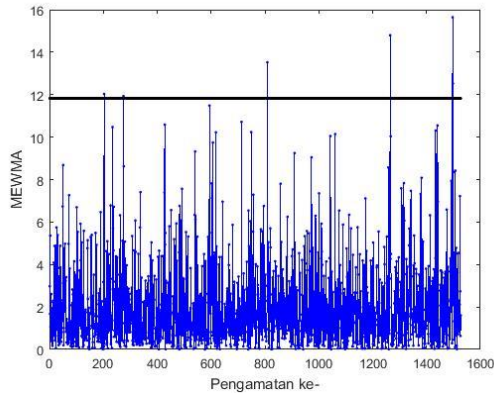
Gambar 4.19 menunjukkan bahwa peta kendali MEWMA dengan pembobot $\lambda = 0,7$ diperoleh nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 11,80. Dengan nilai batas kendali atas (BKA) yang diperoleh, rata-rata prosesnya belum terkendali karena masih terdapat 8 pengamatan keluar batas kendali yakni pada pengamatan ke-275, 276, 428, 809, 1265, 1267, 1497, dan 1500. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rata rata proses tidak terkendali secara statistik. Selanjutnya dibuat peta kendali MEWMA dengan pembobot $\lambda = 0,8$ pada Gambar 4.20. Dengan menggunakan pembobot

$\lambda = 0,8$ diperoleh nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 11,816. Dengan nilai batas kendali atas (BKA) yang diperoleh, rata-rata prosesnya belum terkendali karena masih terdapat 6 pengamatan keluar batas kendali yakni pada pengamatan ke-275, 428, 809, 1265, 1497, dan 1498. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rata rata proses tidak terkendali secara statistik.



Gambar 4.20 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,8$

Selanjutnya dibuat peta kendali MEWMA dengan pembobot $\lambda = 0,9$ pada Gambar 4.21. Dengan menggunakan pembobot $\lambda = 0,9$ diperoleh nilai batas kendali atas (BKA) sebesar 11,824. Dengan nilai batas kendali atas (BKA) yang diperoleh, rata-rata prosesnya belum terkendali karena masih terdapat 6 pengamatan keluar batas kendali yakni pada pengamatan ke-203, 275, 809, 1265, 1497, dan 1498. Sehingga dapat disimpulkan bahwa rata rata proses tidak terkendali secara statistik.



Gambar 4.21 Peta Kendali MEWMA dengan $\lambda = 0,9$

Setelah membuat peta kendali MEWMA dengan pembobot $\lambda = 0,1$ sampai dengan $\lambda = 0,9$ diperoleh nilai batas kendali atas yang semakin besar atau lebar. Sehingga batas kendali yang semakin lebar pada setiap bertambahnya bobot akan dijadikan pertimbangan untuk memilih pembobot terbaik. Semakin lebar batas kendali menyebabkan peluang suatu titik jatuh diluar batas kendali semakin kecil. Hal ini disebabkan karena semakin besarnya kesalahan dalam mengidentifikasi proses yang berada diluar batas kendali (*out-of-control*) menjadi didalam batas kendali (*in-control*). Selain itu, semakin lebar batas kendali akan menyebabkan resiko konsumen yang semakin besar. Sehingga akan dilakukan pemilihan pembobot terbaik dengan mencari selisih minimum dari titik pengamatan yang maksimum dengan nilai batas kendali atas (BKA) yang diperoleh pada Tabel 4.8. Pada Tabel 4.8 diperoleh bahwa saat pembobot yang digunakan kecil, membuat banyak pengamatan yang berada diluar batas kendali, sedangkan apabila menggunakan pembobot yang besar pengamatan yang berada diluar batas kendali lebih sedikit. Dengan menggunakan pembobot antara 0,1 sampai 0,9, peta kendali MEWMA menghasilkan rata-rata proses yang tidak terkendali secara statistik. Sehingga pembobot terbaik yang dipilih adalah pembobot yang menghasilkan selisih yang minimum dari titik

maksimum dan nilai batas kendali atas yakni sebesar 3,819 pada pembobot $\lambda = 0,9$. Nilai pembobot $\lambda = 0,9$ dipilih sebagai pembobot optimal untuk memonitor rata-rata proses peta kendali MEWMA. Namun, hasil penerapan peta kendali MEWMA dengan pembobot $\lambda = 0,9$ memberikan rata-rata proses yang belum terkendali secara statistik. Setelah memperoleh pembobot optimal, akan dilakukan identifikasi penyebab proses tidak terkendali pada proses produksi tetes tebu di PG Tjoekir Jombang.

Tabel 4.8 Pemilihan Pembobot Optimum Peta Kendali MEWMA

λ	Data Out	Titik Maksimum	BKA	Selisih
0,1	22	19,196	10,072	9,124
0,2	13	24,125	11,009	13,116
0,3	13	23,205	11,399	11,806
0,4	15	20,739	11,598	9,141
0,5	14	17,839	11,706	6,144
0,6	10	17,463	11,766	5,697
0,7	8	16,819	11,799	5,020
0,8	6	15,899	11,816	4,083
0,9	6	15,643	11,824	3,819

4.5.3 Identifikasi Penyebab Proses Tidak Terkendali

Hasil yang ditunjukkan oleh peta kendali MEWMV dan MEWMA memberikan hasil bahwa variabilitas dan rata-rata proses masih dalam kondisi yang tidak terkendali secara statistik. Pada peta kendali MEWMV menggunakan pembobot optimum yakni $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,2$ masih terdapat 2 pengamatan yang berada diluar batas kendali. Sedangkan pada peta kendali MEWMA menggunakan pembobot optimum yakni $\lambda = 0,9$ masih terdapat 6 pengamatan yang berada diluar batas kendali.

Berdasarkan pengecekan ulang pada *checksheet* diketahui bahwa dari keseluruhan pengamatan yang tidak terkendali tersebut, terjadi pada malam hari. Sehingga diduga kelalaian terdapat pada petugas jaga pada saat itu dalam melakukan pekerjaannya karena sudah larut malam. Namun, hal ini tidak dapat dijadikan dasar sebagai alasan untuk pengamatan yang tidak terkendali. Informasi lain yang dapat diperoleh dari *checksheet* terdapat masalah pada mesin yang menyebabkan beberapa mesin seperti mesin pada

stasiun gilingan dan stasiun pemurnian harus berhenti selama kurang lebih 10 menit yang dikarenakan masalah operasional, dan rantai pada stasiun gilingan yang loncat. Oleh karena itu, perawatan dan pemeriksaan mesin secara maksimal sangat diperlukan (pada saat tidak musim giling) agar dapat memproduksi secara maksimal dan produk yang dihasilkan sesuai dengan target yang telah ditentukan perusahaan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa pada peta kendali MEWMV, pembobot optimum yang diperoleh adalah $\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,2$. Namun pada pembobot terpilih tersebut, variabilitas proses produksi tetes tebu PG Tjoekir belum terkendali. Sedangkan untuk rata-rata proses dengan menggunakan peta kendali MEWMA pembobot optimum yang diperoleh adalah $\lambda = 0,9$. Dengan pembobot optimum yang diperoleh, rata-rata proses produksinya juga belum terkendali secara statistik. Identifikasi penyebab proses tidak terkendali dilakukan dengan pengecekan ulang pada *checksheet* yang menghasilkan bahwa beberapa pengamatan yang tidak terkendali adalah pada saat malam hari, sehingga diduga faktor operator yang lelah. Selain itu, terdapat faktor mesin yang berhenti karena masalah operasional dan rantai loncat menjadi penyebab proses tidak terkendali.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil, maka saran yang diberikan kepada PG Tjoekir Jombang adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari peta kendali MEWMV dan MEWMA diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk perusahaan dalam melakukan kontrol proses produksi secara statistik selain hanya memperhatikan batas spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan.
2. Setelah dilakukan adanya perbaikan oleh perusahaan pada musim giling selanjutnya, pembobot yang telah terpilih dapat dijadikan acuan sebagai pembobot dalam melakukan pengendalian kualitas produk untuk musim giling selanjutnya.
3. Perawatan dan pemeriksaan mesin pada saat tidak musim giling dilakukan secara maksimal. Sehingga pada saat

musim giling selanjutnya, rantai pada mesin dalam keadaan baik sebagai preventif mencegah terjadinya rantai loncat seperti yang terjadi pada musim giling saat ini. Selain itu, diharapkan tetes tebu yang dihasilkan memiliki kandungan sukrosa yang rendah, sehingga gula yang dihasilkan baik dari mesin yang telah dirawat dan diperiksa dengan baik.

4. Penggunaan peta kendali *multivariate time series* untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan, disarankan untuk memperhatikan pemodelan menggunakan metode *time series* lainnya, seperti VECM (*Vector Error Correction Model*) karena dapat mengatasi data *time series* yang memiliki kasus non-stasioner.

DAFTAR PUSTAKA

- Alva, J. A., & Estrada, E. G. (2009). A Generalization of Shapiro-Wilk's Test for Multivariate Normality. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 38(11), 1870-1883.
- Alwan, L. C., & Roberts, H. V. (1988). Time-Series Modeling for Statistical Process Control. *Journal of Business & Economic Statistics*, 6(1), 87-95.
- Box, G. E., & Cox, D. R. (1964). An Analysis of Transformations. *Journal of The Royal Statistical Society*, 26(2), 211-252.
- Cryer, D.J., & Chan, K. (2008). USA: Springer Science and Business Media, LLC.
- Elevli, S., Uzgoren, N., & Savas, M. (2009). Control Charts for Autocorrelated Colemanite Data. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 68, 11-17.
- Gujarati, D. N. (2003). *Basic Econometrics*. New York: Mc Graw Hill.
- Harianja, D. M. (2016). Analisis Pengendalian Kualitas Tetes PG Kremboong Sidoarjo Menggunakan Diagram Kontrol MEWMA dan MEWMV. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 5(2), 289-294.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Operations Management (Twelfth Edition)*. United States of America: Pearson Education, Inc.
- Huwang, L., Yeh, A. B., & Wu, C. (2007). Monitoring Multivariate Process Variability for Individual Observations. *Journal of Quality Technology*, 39(3), 258-278.
- Jarret, J. E., & Pan, X. (2007). Monitoring Variability and Analyzing Multivariate Autocorrelated Processes. *Journal of Applied Statistics*, 34(4), 459-469.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.

- Kusuma, D. R. (2016, Januari 3). *Produksi Gula PTPN X Capai 431.000 Ton dalam Setahun*. Dipetik Maret 3, 2018, dari Detik Finance: <https://finance.detik.com/industri/3109584/produksi-gula-ptpn-x-capai-431000-ton-dalam-setahun>
- Lowry, C. A., Woodall, W. H., Champ, C. W., & Rigdon, S. E. (1992). A Multivariate Exponentially Weighted Moving Average Control Chart. *Technometrics*, 34(1), 46-53.
- Lutkepohl, H. (2005). *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. California: Springer.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & McGee, V. E. (1983). *Forecasting: Methods and Applications*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Moerdokusomo, A. (1993). *Pengawasan Kualitas dan Teknologi Pembuatan Gula di Indonesia*. Bandung: Penerbit ITB.
- Montgomery, D. C. (2012). *Introduction to Statistical Quality (Seventh Edition)*. United States: John Wiley and Sons (Asia) Pte. Ltd.
- Ödük, R. (2012). *Control Charts for Serially Dependent Multivariate Data*. Technical University of Denmark, Department of Informatics and Mathematical Modelling. Denmark: Department of Informatics and Mathematical Modelling.
- Psarakis, S., & Papaleonida, G. (2007). SPC Procedures for Monitoring Autocorrelated Processes. *Journal of Quality Technology & Quantitative Management*, 4(4), 501-540.
- PT. Perkebunan Nusantara X. (2016). *Kreatif Siasati Tantangan, Berkembang Bersama Untuk Perubahan*. Surabaya: PT. Perkebunan Nusantara X.
- Requeijo, J. G., & Souza, A. M. (2011). T2 Control Chart to Processes with Cross-Autocorrelation. *The 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering*, (hal. 822-827).
- Rizqi, R. S. (2015). *Pengendalian Kualitas Tetes Produksi PG Pesantren Baru Kediri Menggunakan Diagram Kontrol*

- Multivariate Bebasis Model Time Series. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(2), 133-138.
- Tiao, & Box. (1981). Coefficient Methods. Dalam W. W. Wei, *Time Series Analysis*. New York: Addison Wesley.
- Tsay, R. S. (2014). *Multivariate Time Series Analysis: With R and Financial Applications*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2012). *Probability & Statistics for Engineers & Scientists (Ninth Edition)*. United States of America: Prentice Education, Inc.
- Wei, W. W. (2006). *Time Series Analysis*. New York: Pearson Education, Inc.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran A. Data Proses Produksi Tetes Tebu

Tanggal	Jam	Tetes	
		Brix	HK
15/07/2017	07:00	88,30	32,7972
15/07/2017	08:00	87,75	34,0057
15/07/2017	09:00	89,25	32,7955
15/07/2017	10:00	89,30	33,1019
15/07/2017	11:00	88,30	33,7032
15/07/2017	12:00	87,25	34,2005
15/07/2017	13:00	88,30	33,3975
15/07/2017	14:00	87,75	33,2763
15/07/2017	15:00	87,75	32,4216
15/07/2017	16:00	88,80	32,9955
15/07/2017	17:00	87,30	32,6002
15/07/2017	18:00	89,85	32,7991
15/07/2017	19:00	88,35	34,0011
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
22/10/2017	23:00	86,25	33,7971
22/10/2017	00:00	86,85	33,2642
22/10/2017	01:00	86,85	33,5060
22/10/2017	02:00	89,10	32,6487
22/10/2017	03:00	89,85	32,8325
22/10/2017	04:00	88,35	33,3107
22/10/2017	05:00	87,60	33,5159
22/10/2017	06:00	87,15	33,7923

Lampiran B. *Output* Statistika Deskriptif dan Uji Dependensi

```
MTB > Describe 'Brix' 'HK';
SUBC>   Mean;
SUBC>   Variance;
SUBC>   Minimum;
SUBC>   Maximum.
```

Descriptive Statistics: Brix; HK

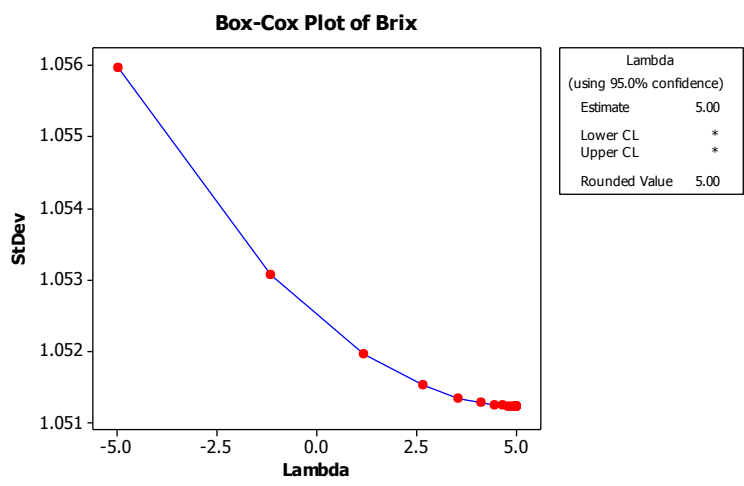
Variable	Mean	Variance	Minimum	Maximum
Brix	88.448	0.922	85.800	91.350
HK	32.602	0.357	31.014	34.238

```
MTB > Correlation 'Brix' 'HK'.
```

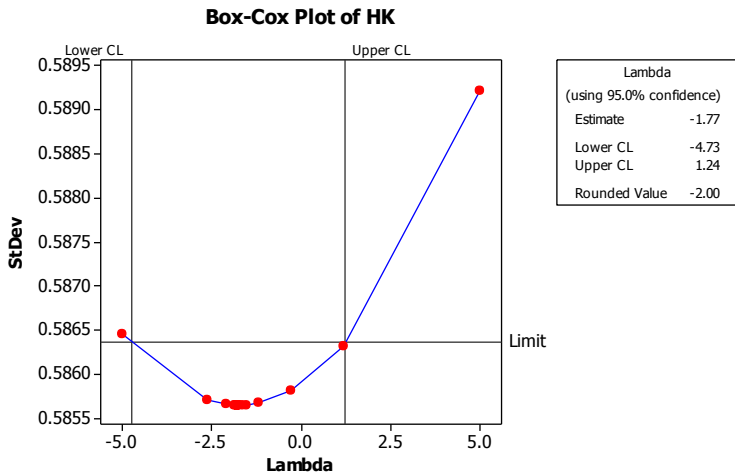
Correlations: Brix; HK

Pearson correlation of Brix and HK = -0.339
P-Value = 0.000

Lampiran C. *Box-Cox Transformation*



Lampiran C. Box-Cox Transformation (Lanjutan)



Lampiran D. Output Uji Augmented Dickey-Fuller

```
> library(tseries)
> data=read.table("E:/DATA.txt", header=TRUE)
> brix=as.ts(data[,1])
> head(brix)
[1] 88.30 87.75 89.25 89.30 88.30 87.25
> hk=as.ts(data[,2])
> head(hk)
[1] 32.7973 34.0057 32.7955 33.1019 33.7033 34.2006
> adf.test(brix)
```

Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: brix
Dickey-Fuller = -10.863, Lag order = 11, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

Warning message:

In adf.test(brix) : p-value smaller than printed p-value

Lampiran D. Output Uji Augmented Dickey-Fuller (Lanjutan)

```
> adf.test(hk)
      Augmented Dickey-Fuller Test

data:  hk
Dickey-Fuller = -5.6685, Lag order = 11, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary

Warning message:
In adf.test(hk) : p-value smaller than printed p-value
```

Lampiran E. Syntax VARI(30,1)

```
data tetes;
input y1 y2;
datalines;
88.30    32.7973
87.75    34.0057
89.25    32.7955
89.30    33.1019
88.30    33.7033
.         .
.         .
.         .
89.10    32.6487
89.85    32.8325
88.35    33.3107
87.60    33.5160
87.15    33.7923
;
proc varmax data=tetes;
model y1 y2/ p=30 dify(1) noint method=ls
      minic=(p=30 q=0)
      lagmax=72
      print=(corry parcoef pcorr pcancorr roots);
output lead=1 out=tetes1;
```

```
run;
proc export data=WORK.tetes1
outfile='E:\VARI(30,1).txt'
dbms=tab
replace;
run;
```

8

19:13 Thursday, April 15, 2018

The VARMAX Procedure

Number of Observations	1559
Number of Pairwise Missing	0
Observation(s) eliminated by differencing	1

Variable	Type	N	Mean	StdDev	Min	Max	Difference
y1	DEP	1559	-0.0007377	1.37842	-4.05000	3.60000	1
y2	DEP	1559	0.0006382	0.77522	-2.19940	2.49850	1

The VARMAX Procedure

Schematic Representation of Cross Correlations

Variable/ Lag	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
y1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
y2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between

Schematic Representation of Cross Correlations

Variable/ Lag	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	
y1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
y2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between

Schematic Representation of Cross Correlations

Variable/ Lag	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
y1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
y2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between

Lampiran F. *Output* VARI(30,1) (Lanjutan)

Minimum Information Criterion																															
Lag															MA 0																
AR	0	0.0168353																													
AR	1	-0.632023																													
AR	2	-0.956544																													
AR	3	-1.060472																													
AR	4	-1.15776																													
AR	5	-1.209548																													
AR	6	-1.237449																													
AR	7	-1.250374																													
AR	8	-1.271053																													
AR	9	-1.294856																													
AR	10	-1.326902																													
AR	11	-1.333985																													
AR	12	-1.354159																													
AR	13	-1.361246																													
AR	14	-1.364341																													
AR	15	-1.365145																													
AR	16	-1.36464																													
AR	17	-1.363298																													
AR	18	-1.362956																													
AR	19	-1.363091																													
AR	20	-1.361605																													
AR	21	-1.362657																													
AR	22	-1.388519																													
AR	23	-1.389669																													
AR	24	-1.391117																													
AR	25	-1.395591																													
AR	26	-1.395411																													
AR	27	-1.395389																													
AR	28	-1.394276																													
AR	29	-1.39449																													
AR	30	-1.396261																													
The VARMAX Procedure																															
Schematic Representation of Partial Autoregression																															
Variable/ Lag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25						
y1	-	.	.	.	.	-	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
y2	.	-	.	.	.	-	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Variable/ Lag	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50						
y1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
y2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lag	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72									
y1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
y2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
+ is > 2*std error, - is < -2*std error, . is between																															

Lampiran F. Output VARI(30,1) (Lanjutan)

The VARMAX Procedure			
Type of Model		VAR(30)	
Estimation Method		Least Squares Estimation	
AR Coefficient Estimates			
Lag	Variable	y1	y2
1	y1	-1.11424	-0.04821
	y2	0.02367	-0.98812
2	y1	-1.12562	-0.07252
	y2	0.04550	-0.93969
3	y1	-1.06864	-0.00257
	y2	0.08366	-0.82759
4	y1	-1.07103	0.06874
	y2	0.09728	-0.78807
5	y1	-0.99828	0.11906
	y2	0.10669	-0.72619
6	y1	-0.94763	0.11465
	y2	0.06932	-0.70840
7	y1	-0.93245	0.08427
	y2	0.05992	-0.69308
8	y1	-0.93123	0.06589
	y2	0.05622	-0.70708
9	y1	-0.89023	0.04225
	y2	0.04800	-0.70060
10	y1	-0.85328	0.02542
	y2	0.06302	-0.65102
11	y1	-0.88564	-0.12006
	y2	0.08675	-0.50955
12	y1	-0.87244	-0.10249
	y2	0.10276	-0.46326
13	y1	-0.80152	-0.08445
	y2	0.08036	-0.40290
14	y1	-0.77204	-0.06973
	y2	0.06110	-0.36124
15	y1	-0.72860	-0.07373
	y2	0.05097	-0.35186
16	y1	-0.69120	-0.04671
	y2	0.04115	-0.35396
17	y1	-0.65530	-0.03287
	y2	0.03926	-0.37987
18	y1	-0.65019	-0.04059
	y2	0.03611	-0.38392
19	y1	-0.63416	-0.02798
	y2	0.05583	-0.36637
20	y1	-0.60725	-0.07313
	y2	0.05486	-0.33508
21	y1	-0.59538	-0.13489
	y2	0.06258	-0.29081
22	y1	-0.50862	-0.07539
	y2	0.03642	-0.30792
23	y1	-0.34554	0.03839
	y2	0.02223	-0.27311
24	y1	-0.30200	0.00299
	y2	0.00276	-0.20656
25	y1	-0.25372	-0.01492
	y2	0.00509	-0.14322
26	y1	-0.16433	-0.02694
	y2	-0.02505	-0.13254

Lampiran F. Output VARI(30,1) (Lanjutan)

The VARMAX Procedure						
AR Coefficient Estimates						
	Lag	Variable	y1	y2		
	27	y1	-0.11634	-0.03227		
		y2	-0.01472	-0.09983		
	28	y1	-0.06076	-0.10541		
		y2	-0.01001	-0.07670		
	29	y1	-0.04581	-0.09966		
		y2	0.02567	-0.05742		
	30	y1	-0.04075	-0.06407		
		y2	0.03613	-0.01088		
Model Parameter Estimates						
Equation	Parameter	Estimate	Std Error	T Ratio	Prob>|T|	Variable
y1	AR1_1_1	-1.11424	0.02745	-40.59	0.0001	y1(t-1)
	AR1_1_2	-0.04821	0.04610	-1.05	0.2958	y2(t-1)
	AR2_1_1	-1.12562	0.04081	-27.58	0.0001	y1(t-2)
	AR2_1_2	-0.07252	0.06496	-1.12	0.2644	y2(t-2)
	AR3_1_1	-1.06864	0.05078	-21.04	0.0001	y1(t-3)
	AR3_1_2	-0.00257	0.07824	-0.03	0.9738	y2(t-3)
	AR4_1_1	-1.07103	0.05814	-18.42	0.0001	y1(t-4)
	AR4_1_2	0.06874	0.08695	0.79	0.4294	y2(t-4)
	AR5_1_1	-0.99828	0.06459	-15.45	0.0001	y1(t-5)
	AR5_1_2	0.11906	0.09390	1.27	0.2050	y2(t-5)
	AR6_1_1	-0.94763	0.06948	-13.64	0.0001	y1(t-6)
	AR6_1_2	0.11465	0.09935	1.15	0.2487	y2(t-6)
	AR7_1_1	-0.93245	0.07349	-12.69	0.0001	y1(t-7)
	AR7_1_2	0.08427	0.10403	0.81	0.4180	y2(t-7)
	AR8_1_1	-0.93123	0.07706	-12.08	0.0001	y1(t-8)
	AR8_1_2	0.06589	0.10811	0.61	0.5423	y2(t-8)
	AR9_1_1	-0.89023	0.07984	-11.15	0.0001	y1(t-9)
	AR9_1_2	0.04225	0.11191	0.38	0.7058	y2(t-9)
	AR10_1_1	-0.85328	0.08186	-10.42	0.0001	y1(t-10)
	AR10_1_2	0.02542	0.11548	0.22	0.8258	y2(t-10)
y1	AR11_1_1	-0.88564	0.08339	-10.62	0.0001	y1(t-11)
	AR11_1_2	-0.12006	0.11816	-1.02	0.3097	y2(t-11)
	AR12_1_1	-0.87244	0.08496	-10.27	0.0001	y1(t-12)
	AR12_1_2	-0.10249	0.11948	-0.86	0.3912	y2(t-12)
	AR13_1_1	-0.80152	0.08625	-9.29	0.0001	y1(t-13)
	AR13_1_2	-0.08445	0.12036	-0.70	0.4830	y2(t-13)
	AR14_1_1	-0.77204	0.08708	-8.87	0.0001	y1(t-14)
	AR14_1_2	-0.06973	0.12085	-0.58	0.5640	y2(t-14)
	AR15_1_1	-0.72860	0.08760	-8.32	0.0001	y1(t-15)
	AR15_1_2	-0.07373	0.12109	-0.61	0.5427	y2(t-15)
	AR16_1_1	-0.69120	0.08768	-7.88	0.0001	y1(t-16)
	AR16_1_2	-0.04671	0.12121	-0.39	0.7000	y2(t-16)
	AR17_1_1	-0.65530	0.08728	-7.51	0.0001	y1(t-17)
	AR17_1_2	-0.03287	0.12118	-0.27	0.7863	y2(t-17)
	AR18_1_1	-0.65019	0.08656	-7.51	0.0001	y1(t-18)
	AR18_1_2	-0.04059	0.12103	-0.34	0.7374	y2(t-18)
	AR19_1_1	-0.63416	0.08533	-7.43	0.0001	y1(t-19)
	AR19_1_2	-0.02798	0.12025	-0.23	0.8160	y2(t-19)
	AR20_1_1	-0.60725	0.08369	-7.26	0.0001	y1(t-20)
	AR20_1_2	-0.07313	0.11879	-0.62	0.5383	y2(t-20)

Lampiran F. Output VARI(30,1) (Lanjutan)

y2	AR21_1_1	-0.59538	0.08206	-7.26	0.0001	y1(t-21)
	AR21_1_2	-0.13489	0.11621	-1.16	0.2460	y2(t-21)
	AR22_1_1	-0.50862	0.07995	-6.36	0.0001	y1(t-22)
	AR22_1_2	-0.07539	0.11282	-0.67	0.5041	y2(t-22)
	AR23_1_1	-0.34554	0.07724	-4.47	0.0001	y1(t-23)
	AR23_1_2	0.03839	0.10948	0.35	0.7259	y2(t-23)
	AR24_1_1	-0.30200	0.07370	-4.10	0.0001	y1(t-24)
	AR24_1_2	0.00299	0.10571	0.03	0.9775	y2(t-24)
	AR25_1_1	-0.25372	0.06968	-3.64	0.0003	y1(t-25)
	AR25_1_2	-0.01492	0.10095	-0.15	0.8825	y2(t-25)
	AR26_1_1	-0.16433	0.06495	-2.53	0.0115	y1(t-26)
	AR26_1_2	-0.02694	0.09551	-0.28	0.7779	y2(t-26)
	AR27_1_1	-0.11634	0.05879	-1.98	0.0480	y1(t-27)
	AR27_1_2	-0.03227	0.08850	-0.36	0.7155	y2(t-27)
	AR28_1_1	-0.06076	0.05155	-1.18	0.2387	y1(t-28)
	AR28_1_2	-0.10541	0.07934	-1.33	0.1842	y2(t-28)
	AR29_1_1	-0.04581	0.04135	-1.11	0.2681	y1(t-29)
	AR29_1_2	-0.09966	0.06587	-1.51	0.1305	y2(t-29)
	AR30_1_1	-0.04075	0.02776	-1.47	0.1423	y1(t-30)
	AR30_1_2	-0.06407	0.04655	-1.38	0.1689	y2(t-30)
	AR1_2_1	0.02367	0.01636	1.45	0.1481	y1(t-1)
	AR1_2_2	-0.98812	0.02747	-35.97	0.0001	y2(t-1)
	AR2_2_1	0.04550	0.02432	1.87	0.0616	y1(t-2)
	AR2_2_2	-0.93969	0.03871	-24.28	0.0001	y2(t-2)
	AR3_2_1	0.08366	0.03026	2.76	0.0058	y1(t-3)
	AR3_2_2	-0.82759	0.04663	-17.75	0.0001	y2(t-3)
	AR4_2_1	0.09728	0.03465	2.81	0.0051	y1(t-4)
	AR4_2_2	-0.78807	0.05182	-15.21	0.0001	y2(t-4)
	AR5_2_1	0.10669	0.03849	2.77	0.0056	y1(t-5)
	AR5_2_2	-0.72619	0.05596	-12.98	0.0001	y2(t-5)
	AR6_2_1	0.06932	0.04141	1.67	0.0943	y1(t-6)
	AR6_2_2	-0.70840	0.05920	-11.97	0.0001	y2(t-6)
	AR7_2_1	0.05992	0.04380	1.37	0.1715	y1(t-7)
	AR7_2_2	-0.69308	0.06200	-11.18	0.0001	y2(t-7)
y2	AR8_2_1	0.05622	0.04592	1.22	0.2210	y1(t-8)
	AR8_2_2	-0.70708	0.06443	-10.97	0.0001	y2(t-8)
	AR9_2_1	0.04800	0.04758	1.01	0.3133	y1(t-9)
	AR9_2_2	-0.70060	0.06669	-10.51	0.0001	y2(t-9)
	AR10_2_1	0.06302	0.04879	1.29	0.1966	y1(t-10)
	AR10_2_2	-0.65102	0.06882	-9.46	0.0001	y2(t-10)
	AR11_2_1	0.08675	0.04969	1.75	0.0811	y1(t-11)
	AR11_2_2	-0.50955	0.07041	-7.24	0.0001	y2(t-11)
	AR12_2_1	0.10276	0.05063	2.03	0.0426	y1(t-12)
	AR12_2_2	-0.46326	0.07121	-6.51	0.0001	y2(t-12)
	AR13_2_1	0.08036	0.05140	1.56	0.1182	y1(t-13)
	AR13_2_2	-0.40290	0.07173	-5.62	0.0001	y2(t-13)
	AR14_2_1	0.06110	0.05190	1.18	0.2392	y1(t-14)
	AR14_2_2	-0.36124	0.07202	-5.02	0.0001	y2(t-14)
	AR15_2_1	0.05097	0.05221	0.98	0.3290	y1(t-15)
	AR15_2_2	-0.35186	0.07216	-4.88	0.0001	y2(t-15)
	AR16_2_1	0.04115	0.05225	0.79	0.4312	y1(t-16)
	AR16_2_2	-0.35396	0.07223	-4.90	0.0001	y2(t-16)
	AR17_2_1	0.03926	0.05201	0.75	0.4504	y1(t-17)
	AR17_2_2	-0.37987	0.07222	-5.26	0.0001	y2(t-17)
	AR18_2_1	0.03611	0.05158	0.70	0.4841	y1(t-18)
	AR18_2_2	-0.38392	0.07213	-5.32	0.0001	y2(t-18)
	AR19_2_1	0.05583	0.05085	1.10	0.2724	y1(t-19)
	AR19_2_2	-0.36637	0.07166	-5.11	0.0001	y2(t-19)
	AR20_2_1	0.05486	0.04988	1.10	0.2715	y1(t-20)
	AR20_2_2	-0.33508	0.07079	-4.73	0.0001	y2(t-20)
	AR21_2_1	0.06258	0.04891	1.28	0.2009	y1(t-21)
	AR21_2_2	-0.29081	0.06926	-4.20	0.0001	y2(t-21)

Lampiran F. Output VARI(30,1) (Lanjutan)

AR22_2_1	0.03642	0.04765	0.76	0.4448	y1(t-22)
AR22_2_2	-0.30792	0.06723	-4.58	0.0001	y2(t-22)
AR23_2_1	0.02223	0.04603	0.48	0.6292	y1(t-23)
AR23_2_2	-0.27311	0.06524	-4.19	0.0001	y2(t-23)
AR24_2_1	0.00276	0.04392	0.06	0.9500	y1(t-24)
AR24_2_2	-0.20656	0.06300	-3.28	0.0011	y2(t-24)
AR25_2_1	0.00509	0.04153	0.12	0.9024	y1(t-25)
AR25_2_2	-0.14322	0.06016	-2.38	0.0174	y2(t-25)
AR26_2_1	-0.02505	0.03871	-0.65	0.5175	y1(t-26)
AR26_2_2	-0.13254	0.05692	-2.33	0.0200	y2(t-26)
AR27_2_1	-0.01472	0.03503	-0.42	0.6744	y1(t-27)
AR27_2_2	-0.09983	0.05274	-1.89	0.0586	y2(t-27)
AR28_2_1	-0.01001	0.03072	-0.33	0.7446	y1(t-28)
AR28_2_2	-0.07670	0.04728	-1.62	0.1049	y2(t-28)
AR29_2_1	0.02567	0.02464	1.04	0.2977	y1(t-29)
AR29_2_2	-0.05742	0.03926	-1.46	0.1438	y2(t-29)
AR30_2_1	0.03613	0.01654	2.18	0.0291	y1(t-30)
AR30_2_2	-0.01088	0.02774	-0.39	0.6950	y2(t-30)

The VARMAX Procedure

Information Criteria

AICC(Corrected AIC)	-1.39626
HQC(Hannan-Quinn Criterion)	-1.24692
AIC(Akaike Information Criterion)	-1.40267
SBC(Schwarz Bayesian Criterion)	-0.98417
FPEC(Final Prediction Error Criterion)	0.245959

Portmanteau Test for Residual
Cross Correlations

To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
31	13.21	4	0.0103
32	19.64	8	0.0118
33	23.09	12	0.0269
34	24.86	16	0.0723
35	25.11	20	0.1973
36	26.48	24	0.3294
37	27.87	28	0.4712
38	32.94	32	0.4208
39	46.48	36	0.1134
40	49.44	40	0.1456
41	55.51	44	0.1143
42	65.47	48	0.0475
43	68.49	52	0.0623
44	78.15	56	0.0269
45	87.55	60	0.0117
46	87.76	64	0.0261
47	89.48	68	0.0415
48	92.50	72	0.0523
49	94.89	76	0.0702
50	99.20	80	0.0717
51	100.81	84	0.1021
52	104.30	88	0.1132
53	107.70	92	0.1259
54	112.33	96	0.1220
55	116.12	100	0.1291
56	122.99	104	0.0985
57	125.78	108	0.1162

Lampiran F. *Output* VARI(30,1) (Lanjutan)

58	129.39	112	0.1250
59	134.35	116	0.1171
60	136.39	120	0.1455
61	138.66	124	0.1740
62	146.63	128	0.1244
63	148.02	132	0.1612
64	153.91	136	0.1397
65	160.32	140	0.1151
66	161.18	144	0.1553
67	163.33	148	0.1840
68	168.64	152	0.1686
69	173.62	156	0.1588
70	176.49	160	0.1764
71	179.14	164	0.1982
72	181.85	168	0.2201

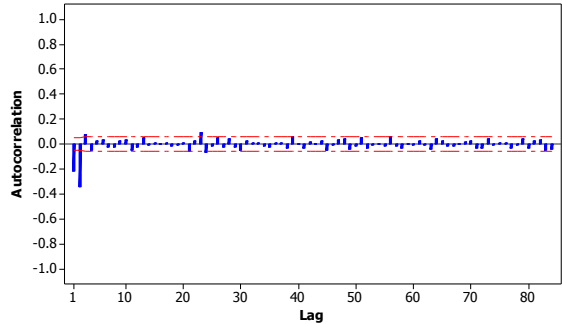
Lampiran G. *Ouput* VARI(1,1) – VARI(29,1)

1. *Output* VARI(1,1)

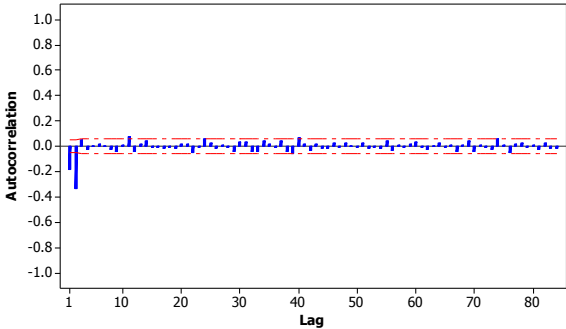
The VARMAX Procedure			
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
2	494.48	4	<.0001
3	512.66	8	<.0001
4	517.88	12	<.0001
5	520.09	16	<.0001
6	524.96	20	<.0001
7	526.93	24	<.0001
8	529.17	28	<.0001
9	534.44	32	<.0001
10	537.47	36	<.0001
11	556.04	40	<.0001
12	561.09	44	<.0001
13	567.02	48	<.0001
14	570.38	52	<.0001
15	571.13	56	<.0001
16	571.65	60	<.0001
17	572.72	64	<.0001
18	573.56	68	<.0001
19	576.04	72	<.0001
20	577.17	76	<.0001
21	588.88	80	<.0001
22	595.61	84	<.0001
23	617.26	88	<.0001
24	632.51	92	<.0001
25	634.52	96	<.0001
26	640.56	100	<.0001
27	641.76	104	<.0001
28	646.31	108	<.0001
29	652.73	112	<.0001
30	659.75	116	<.0001
31	668.23	120	<.0001
32	673.85	124	<.0001
33	678.36	128	<.0001
34	684.85	132	<.0001
35	686.91	136	<.0001
36	688.43	140	<.0001
37	692.35	144	<.0001
38	696.78	148	<.0001
39	711.16	152	<.0001
40	720.50	156	<.0001
41	733.08	160	<.0001
42	737.20	164	<.0001
43	743.02	168	<.0001
44	748.30	172	<.0001
45	754.30	176	<.0001
46	757.66	180	<.0001
47	760.13	184	<.0001
48	764.65	188	<.0001
49	768.09	192	<.0001
50	772.68	196	<.0001
51	780.69	200	<.0001
52	784.69	204	<.0001
53	789.71	208	<.0001
54	792.96	212	<.0001

55	798.58	216	< .0001
56	810.01	220	< .0001
57	812.90	224	< .0001
58	816.92	228	< .0001
59	818.04	232	< .0001
60	821.22	236	< .0001
61	823.30	240	< .0001
62	834.14	244	< .0001
63	837.55	248	< .0001
64	842.19	252	< .0001
65	844.70	256	< .0001
66	845.94	260	< .0001
67	849.38	264	< .0001
68	852.44	268	< .0001
69	859.11	272	< .0001
70	866.08	276	< .0001
71	872.03	280	< .0001
72	876.70	284	< .0001

Autocorrelation Function for brix_1
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



Autocorrelation Function for hk_1
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

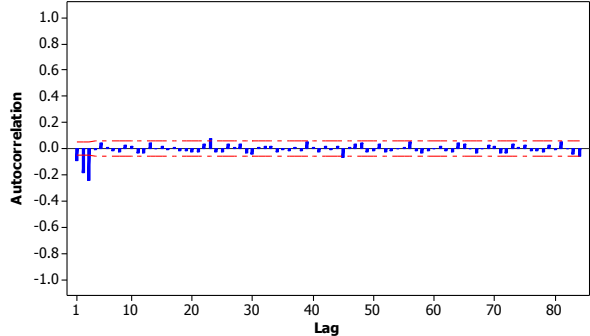


2. *Output* VARI(2,1)

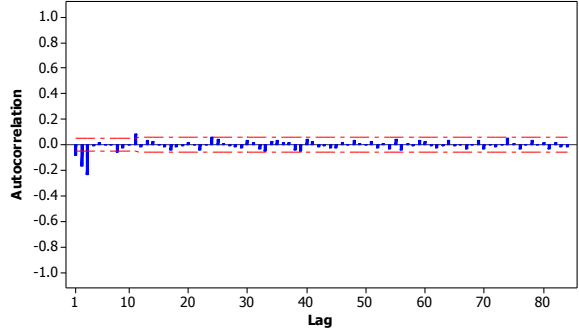
The VARMAX Procedure			
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
3	292.86	4	<.0001
4	295.87	8	<.0001
5	301.41	12	<.0001
6	306.31	16	<.0001
7	307.95	20	<.0001
8	314.26	24	<.0001
9	317.00	28	<.0001
10	319.49	32	<.0001
11	337.31	36	<.0001
12	341.44	40	<.0001
13	346.93	44	<.0001
14	349.10	48	<.0001
15	349.87	52	<.0001
16	350.68	56	<.0001
17	353.44	60	<.0001
18	354.88	64	<.0001
19	357.34	68	<.0001
20	360.58	72	<.0001
21	364.72	76	<.0001
22	371.90	80	<.0001
23	391.18	84	<.0001
24	399.02	88	<.0001
25	403.86	92	<.0001
26	408.55	96	<.0001
27	409.03	100	<.0001
28	414.85	104	<.0001
29	423.41	108	<.0001
30	429.36	112	<.0001
31	440.42	116	<.0001
32	446.68	120	<.0001
33	452.97	124	<.0001
34	459.22	128	<.0001
35	461.82	132	<.0001
36	464.87	136	<.0001
37	466.48	140	<.0001
38	469.98	144	<.0001
39	481.77	148	<.0001
40	485.50	152	<.0001
41	495.87	156	<.0001
42	501.37	160	<.0001
43	506.26	164	<.0001
44	513.06	168	<.0001
45	522.73	172	<.0001
46	527.27	176	<.0001
47	528.81	180	<.0001
48	533.65	184	<.0001
49	536.53	188	<.0001
50	540.64	192	<.0001
51	545.58	196	<.0001
52	548.90	200	<.0001
53	554.08	204	<.0001
54	558.13	208	<.0001
55	563.85	212	<.0001
56	577.80	216	<.0001

56	577.80	216	<.0001
57	581.50	220	<.0001
58	586.43	224	<.0001
59	592.44	228	<.0001
60	595.20	232	<.0001
61	596.28	236	<.0001
62	609.69	240	<.0001
63	611.23	244	<.0001
64	616.23	248	<.0001
65	623.95	252	<.0001
66	624.62	256	<.0001
67	628.86	260	<.0001
68	635.38	264	<.0001
69	640.51	268	<.0001
70	643.73	272	<.0001
71	650.44	276	<.0001
72	654.14	280	<.0001

Autocorrelation Function for brix_2
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



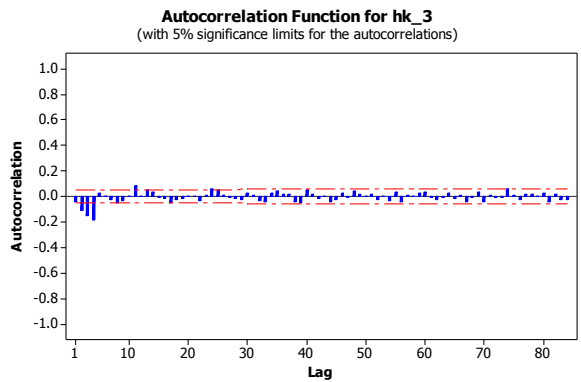
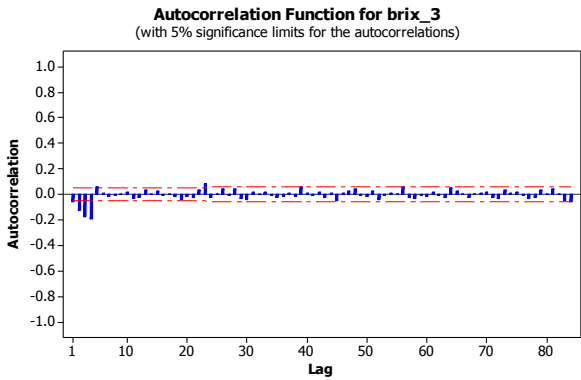
Autocorrelation Function for hk_2
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



3. *Output* VARI(3,1)

The VARMAX Procedure				
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations				
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq	
4	228.25	4	<.0001	
5	238.96	8	<.0001	
6	245.05	12	<.0001	
7	248.52	16	<.0001	
8	253.26	20	<.0001	
9	256.84	24	<.0001	
10	260.86	28	<.0001	
11	279.20	32	<.0001	
12	282.35	36	<.0001	
13	289.56	40	<.0001	
14	292.61	44	<.0001	
15	294.00	48	<.0001	
16	295.05	52	<.0001	
17	299.13	56	<.0001	
18	300.80	60	<.0001	
19	304.67	64	<.0001	
20	306.69	68	<.0001	
21	309.95	72	<.0001	
22	314.73	76	<.0001	
23	333.79	80	<.0001	
24	341.51	84	<.0001	
25	345.84	88	<.0001	
26	350.36	92	<.0001	
27	351.52	96	<.0001	
28	358.17	100	<.0001	
29	365.75	104	<.0001	
30	371.25	108	<.0001	
31	382.21	112	<.0001	
32	388.39	116	<.0001	
33	393.81	120	<.0001	
34	398.44	124	<.0001	
35	402.56	128	<.0001	
36	404.65	132	<.0001	
37	406.22	136	<.0001	
38	409.42	140	<.0001	
39	422.04	144	<.0001	
40	426.31	148	<.0001	
41	434.87	152	<.0001	
42	439.85	156	<.0001	
43	443.39	160	<.0001	
44	451.61	164	<.0001	
45	458.93	168	<.0001	
46	462.42	172	<.0001	
47	463.39	176	<.0001	
48	471.15	180	<.0001	
49	472.17	184	<.0001	
50	477.38	188	<.0001	
51	480.82	192	<.0001	
52	485.21	196	<.0001	
53	487.72	200	<.0001	
54	491.58	204	<.0001	
55	495.88	208	<.0001	
56	508.63	212	<.0001	
57	511.54	216	<.0001	

58	516.28	220	<.0001
59	520.99	224	<.0001
60	524.47	228	<.0001
61	525.31	232	<.0001
62	537.97	236	<.0001
63	538.82	240	<.0001
64	543.82	244	<.0001
65	551.35	248	<.0001
66	553.06	252	<.0001
67	556.71	256	<.0001
68	561.68	260	<.0001
69	566.99	264	<.0001
70	571.62	268	<.0001
71	577.59	272	<.0001
72	581.40	276	<.0001

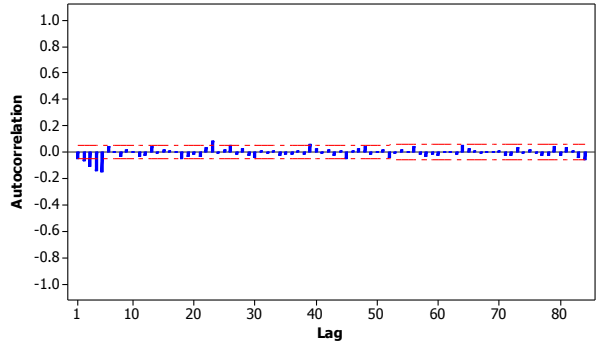


4. *Output* VARI(4,1)

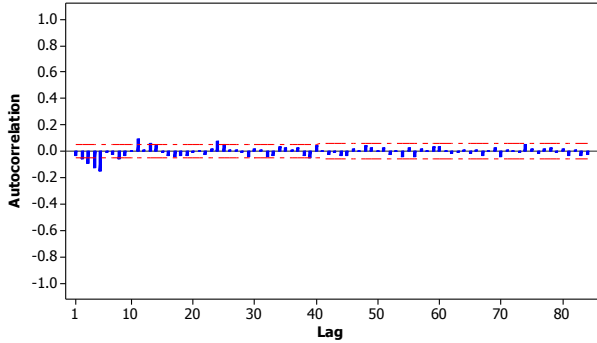
Portmanteau Test for Residual			
Cross Correlations			
To Lag	Chi - Square	DF	Prob> ChiSq
5	162.31	4	<.0001
6	170.66	8	<.0001
7	173.39	12	<.0001
8	182.72	16	<.0001
9	186.92	20	<.0001
10	189.94	24	<.0001
11	210.60	28	<.0001
12	213.94	32	<.0001
13	223.31	36	<.0001
14	227.62	40	<.0001
15	228.60	44	<.0001
16	232.05	48	<.0001
17	235.09	52	<.0001
18	241.16	56	<.0001
19	245.52	60	<.0001
20	247.37	64	<.0001
21	251.59	68	<.0001
22	256.46	72	<.0001
23	277.37	76	<.0001
24	287.16	80	<.0001
25	291.44	84	<.0001
26	295.55	88	<.0001
27	298.23	92	<.0001
28	303.20	96	<.0001
29	309.59	100	<.0001
30	313.15	104	<.0001
31	321.81	108	<.0001
32	329.03	112	<.0001
33	332.72	116	<.0001
34	337.24	120	<.0001
35	338.82	124	<.0001
36	340.35	128	<.0001
37	344.03	132	<.0001
38	345.88	136	<.0001
39	357.97	140	<.0001
40	362.01	144	<.0001
41	367.72	148	<.0001
42	374.46	152	<.0001
43	377.61	156	<.0001
44	385.21	160	<.0001
45	391.37	164	<.0001
46	392.83	168	<.0001
47	394.23	172	<.0001
48	400.43	176	<.0001
49	403.22	180	<.0001
50	406.87	184	<.0001
51	408.68	188	<.0001
52	413.32	192	<.0001
53	414.58	196	<.0001
54	418.79	200	<.0001
55	422.32	204	<.0001
56	431.78	208	<.0001
57	433.86	212	<.0001
58	437.49	216	<.0001
59	441.72	220	<.0001
60	444.58	224	<.0001

61	444.89	228	< .0001
62	454.47	232	< .0001
63	454.91	236	< .0001
64	459.56	240	< .0001
65	465.99	244	< .0001
66	466.51	248	< .0001
67	470.21	252	< .0001
68	475.74	256	< .0001
69	479.41	260	< .0001
70	484.14	264	< .0001
71	487.24	268	< .0001
72	491.61	272	< .0001

Autocorrelation Function for brix_4
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



Autocorrelation Function for hk_4
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

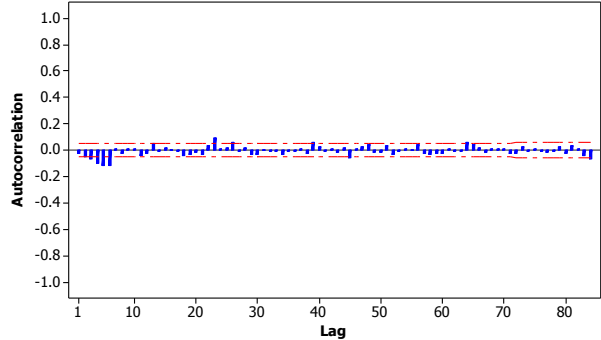


5. *Output* VARI(5,1)

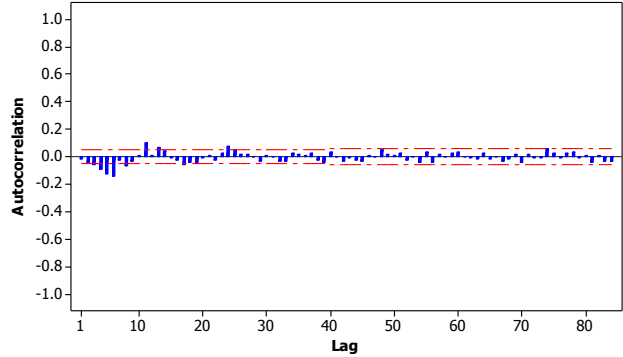
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi - Square	DF	Prob> ChiSq
6	144.93	4	<.0001
7	147.66	8	<.0001
8	156.69	12	<.0001
9	161.16	16	<.0001
10	164.35	20	<.0001
11	188.28	24	<.0001
12	191.78	28	<.0001
13	202.64	32	<.0001
14	207.54	36	<.0001
15	208.26	40	<.0001
16	211.27	44	<.0001
17	216.81	48	<.0001
18	222.40	52	<.0001
19	228.37	56	<.0001
20	230.20	60	<.0001
21	234.59	64	<.0001
22	238.68	68	<.0001
23	261.32	72	<.0001
24	271.64	76	<.0001
25	276.28	80	<.0001
26	281.51	84	<.0001
27	283.60	88	<.0001
28	287.74	92	<.0001
29	294.74	96	<.0001
30	297.58	100	<.0001
31	306.88	104	<.0001
32	312.65	108	<.0001
33	316.19	112	<.0001
34	320.03	116	<.0001
35	320.89	120	<.0001
36	321.53	124	<.0001
37	324.89	128	<.0001
38	326.77	132	<.0001
39	338.44	136	<.0001
40	341.70	140	<.0001
41	347.16	144	<.0001
42	354.34	148	<.0001
43	356.74	152	<.0001
44	364.86	156	<.0001
45	372.79	160	<.0001
46	373.97	164	<.0001
47	375.52	168	<.0001
48	383.62	172	<.0001
49	385.25	176	<.0001
50	390.95	180	<.0001
51	394.14	184	<.0001
52	397.35	188	<.0001
53	398.79	192	<.0001
54	403.74	196	<.0001
55	408.27	200	<.0001
56	418.58	204	<.0001
57	420.87	208	<.0001
58	424.91	212	<.0001
59	429.05	216	<.0001
60	432.17	220	<.0001
61	432.76	224	<.0001

62	441.36	228	<.0001
63	442.21	232	<.0001
64	447.64	236	<.0001
65	453.99	240	<.0001
66	454.89	244	<.0001
67	458.60	248	<.0001
68	462.45	252	<.0001
69	466.01	256	<.0001
70	470.29	260	<.0001
71	472.88	264	<.0001
72	478.48	268	<.0001

Autocorrelation Function for brix_5
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



Autocorrelation Function for hk_5
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

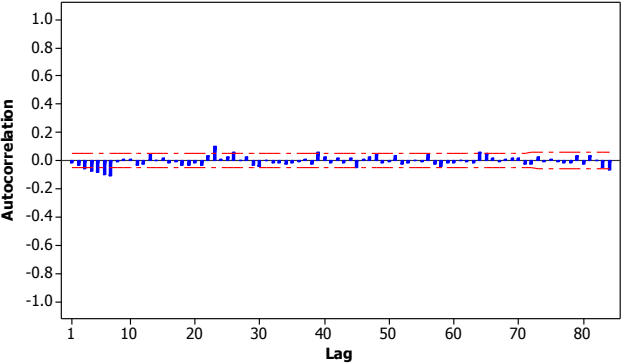


6. *Output* VARI(6,1)

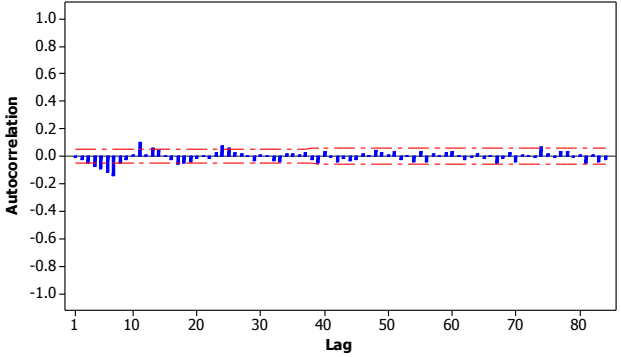
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi - Square	DF	Prob> ChiSq
7	140.45	4	<.0001
8	146.56	8	<.0001
9	150.30	12	<.0001
10	152.54	16	<.0001
11	176.49	20	<.0001
12	178.97	24	<.0001
13	187.97	28	<.0001
14	192.64	32	<.0001
15	192.94	36	<.0001
16	195.45	40	<.0001
17	201.62	44	<.0001
18	208.09	48	<.0001
19	213.54	52	<.0001
20	215.59	56	<.0001
21	219.27	60	<.0001
22	223.89	64	<.0001
23	247.43	68	<.0001
24	257.58	72	<.0001
25	264.16	76	<.0001
26	270.53	80	<.0001
27	272.26	84	<.0001
28	276.27	88	<.0001
29	283.30	92	<.0001
30	287.54	96	<.0001
31	296.65	100	<.0001
32	303.06	104	<.0001
33	307.19	108	<.0001
34	311.00	112	<.0001
35	312.19	116	<.0001
36	312.82	120	<.0001
37	316.61	124	<.0001
38	318.63	128	<.0001
39	330.95	132	<.0001
40	334.23	136	<.0001
41	340.57	140	<.0001
42	348.40	144	<.0001
43	350.76	148	<.0001
44	359.48	152	<.0001
45	365.66	156	<.0001
46	367.55	160	<.0001
47	368.91	164	<.0001
48	376.68	168	<.0001
49	380.21	172	<.0001
50	384.40	176	<.0001
51	387.81	180	<.0001
52	390.33	184	<.0001
53	392.42	188	<.0001
54	396.32	192	<.0001
55	401.85	196	<.0001
56	413.32	200	<.0001
57	415.61	204	<.0001
58	420.62	208	<.0001
59	424.64	212	<.0001
60	427.89	216	<.0001
61	428.47	220	<.0001
62	436.47	224	<.0001

63	437.25	228	< .0001
64	443.75	232	< .0001
65	451.99	236	< .0001
66	452.69	240	< .0001
67	457.61	244	< .0001
68	461.40	248	< .0001
69	465.52	252	< .0001
70	470.40	256	< .0001
71	472.74	260	< .0001
72	480.69	264	< .0001

Autocorrelation Function for brix_6
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



Autocorrelation Function for hk_6
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

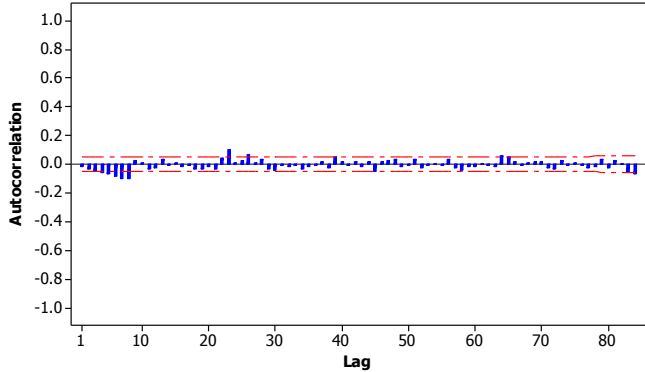


7. *Output* VARI(7,1)

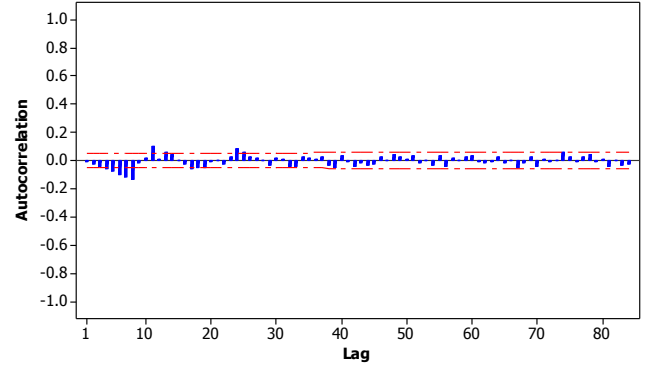
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi - Square	DF	Prob> ChiSq
8	141.92	4	<.0001
9	145.06	8	<.0001
10	147.12	12	<.0001
11	170.37	16	<.0001
12	172.49	20	<.0001
13	180.30	24	<.0001
14	184.58	28	<.0001
15	184.69	32	<.0001
16	186.82	36	<.0001
17	192.69	40	<.0001
18	198.87	44	<.0001
19	204.39	48	<.0001
20	206.02	52	<.0001
21	209.47	56	<.0001
22	215.29	60	<.0001
23	237.79	64	<.0001
24	248.64	68	<.0001
25	256.33	72	<.0001
26	263.68	76	<.0001
27	265.37	80	<.0001
28	269.53	84	<.0001
29	276.14	88	<.0001
30	280.79	92	<.0001
31	290.49	96	<.0001
32	298.13	100	<.0001
33	302.25	104	<.0001
34	307.05	108	<.0001
35	308.09	112	<.0001
36	308.81	116	<.0001
37	312.38	120	<.0001
38	314.85	124	<.0001
39	327.06	128	<.0001
40	329.99	132	<.0001
41	335.95	136	<.0001
42	344.92	140	<.0001
43	347.97	144	<.0001
44	356.10	148	<.0001
45	361.90	152	<.0001
46	364.37	156	<.0001
47	365.42	160	<.0001
48	372.57	164	<.0001
49	375.68	168	<.0001
50	380.83	172	<.0001
51	384.52	176	<.0001
52	386.70	180	<.0001
53	388.44	184	<.0001
54	392.36	188	<.0001
55	398.17	192	<.0001
56	409.50	196	<.0001
57	411.95	200	<.0001
58	417.12	204	<.0001
59	421.34	208	<.0001
60	424.94	212	<.0001
61	425.94	216	<.0001
62	434.17	220	<.0001
63	434.78	224	<.0001

64	441.07	228	< .0001
65	449.37	232	< .0001
66	450.44	236	< .0001
67	455.60	240	< .0001
68	460.59	244	< .0001
69	465.02	248	< .0001
70	470.38	252	< .0001
71	472.74	256	< .0001
72	479.93	260	< .0001

Autocorrelation Function for brix_7
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



Autocorrelation Function for hk_7
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

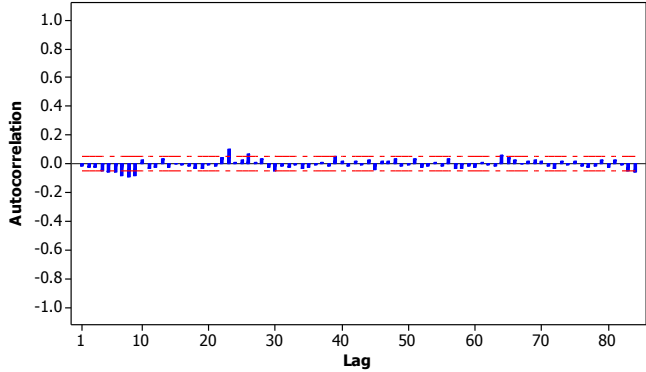


8. *Output* VARI(8,1)

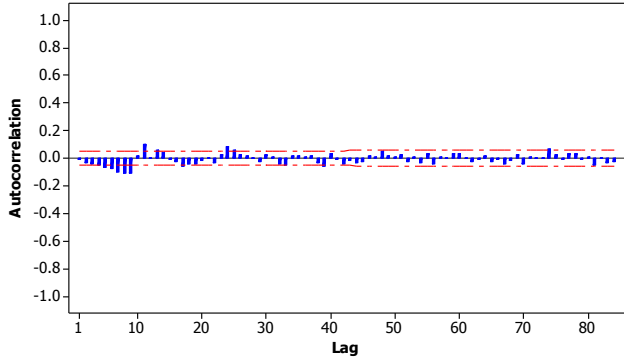
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi - Square	DF	Prob> ChiSq
9	126.52	4	<.0001
10	128.98	8	<.0001
11	151.63	12	<.0001
12	153.45	16	<.0001
13	160.88	20	<.0001
14	165.82	24	<.0001
15	166.04	28	<.0001
16	168.07	32	<.0001
17	172.89	36	<.0001
18	178.06	40	<.0001
19	183.13	44	<.0001
20	184.34	48	<.0001
21	187.39	52	<.0001
22	192.39	56	<.0001
23	216.29	60	<.0001
24	227.52	64	<.0001
25	234.24	68	<.0001
26	242.32	72	<.0001
27	244.33	76	<.0001
28	248.54	80	<.0001
29	254.17	84	<.0001
30	260.13	88	<.0001
31	269.60	92	<.0001
32	275.99	96	<.0001
33	280.52	100	<.0001
34	284.36	104	<.0001
35	286.08	108	<.0001
36	286.86	112	<.0001
37	289.59	116	<.0001
38	291.67	120	<.0001
39	304.41	124	<.0001
40	307.36	128	<.0001
41	312.55	132	<.0001
42	320.76	136	<.0001
43	323.59	140	<.0001
44	331.79	144	<.0001
45	337.40	148	<.0001
46	339.38	152	<.0001
47	340.66	156	<.0001
48	347.18	160	<.0001
49	349.25	164	<.0001
50	354.25	168	<.0001
51	357.40	172	<.0001
52	360.09	176	<.0001
53	362.28	180	<.0001
54	365.74	184	<.0001
55	371.57	188	<.0001
56	380.69	192	<.0001
57	383.20	196	<.0001
58	387.83	200	<.0001
59	393.42	204	<.0001
60	396.67	208	<.0001
61	397.49	212	<.0001
62	405.49	216	<.0001
63	405.92	220	<.0001
64	411.55	224	<.0001

65	418.54	228	< .0001
66	419.89	232	< .0001
67	424.31	236	< .0001
68	430.46	240	< .0001
69	435.21	244	< .0001
70	441.01	248	< .0001
71	443.31	252	< .0001
72	449.38	256	< .0001

Autocorrelation Function for brix_8
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



Autocorrelation Function for hk_8
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

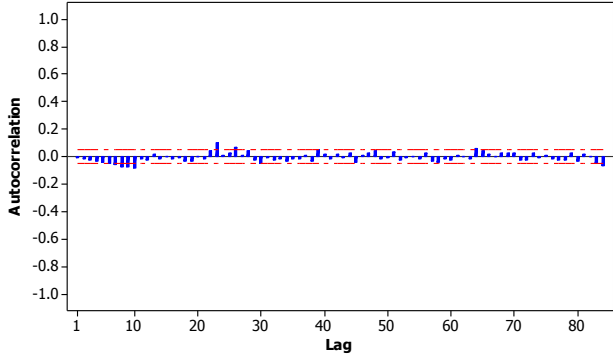


9. *Output* VARI(9,1)

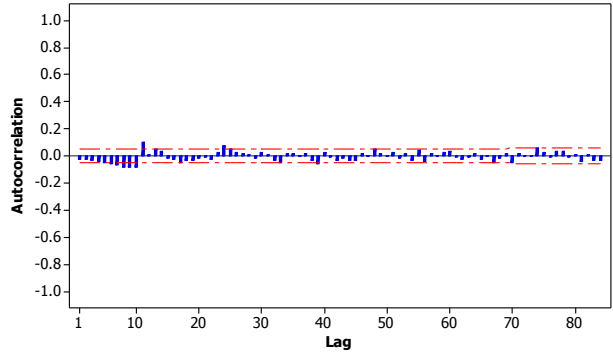
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi - Square	DF	Prob> ChiSq
10	103.51	4	<.0001
11	123.48	8	<.0001
12	125.52	12	<.0001
13	130.50	16	<.0001
14	133.92	20	<.0001
15	134.58	24	<.0001
16	136.47	28	<.0001
17	140.70	32	<.0001
18	144.62	36	<.0001
19	148.51	40	<.0001
20	149.76	44	<.0001
21	151.94	48	<.0001
22	156.85	52	<.0001
23	180.03	56	<.0001
24	188.89	60	<.0001
25	194.82	64	<.0001
26	203.09	68	<.0001
27	205.25	72	<.0001
28	210.46	76	<.0001
29	215.16	80	<.0001
30	221.18	84	<.0001
31	229.14	88	<.0001
32	234.08	92	<.0001
33	239.29	96	<.0001
34	243.12	100	<.0001
35	244.28	104	<.0001
36	245.11	108	<.0001
37	247.30	112	<.0001
38	250.45	116	<.0001
39	263.57	120	<.0001
40	266.21	124	<.0001
41	270.43	128	<.0001
42	277.03	132	<.0001
43	279.46	136	<.0001
44	287.28	140	<.0001
45	293.44	144	<.0001
46	294.78	148	<.0001
47	295.85	152	<.0001
48	303.16	156	<.0001
49	305.20	160	<.0001
50	310.15	164	<.0001
51	312.95	168	<.0001
52	315.73	172	<.0001
53	317.54	176	<.0001
54	319.91	180	<.0001
55	326.08	184	<.0001
56	334.50	188	<.0001
57	337.57	192	<.0001
58	343.06	196	<.0001
59	348.85	200	<.0001
60	353.00	204	<.0001
61	353.58	208	<.0001
62	360.87	212	<.0001
63	361.51	216	<.0001
64	366.85	220	<.0001
65	373.97	224	<.0001

66	374.66	228	< .0001
67	379.09	232	< .0001
68	386.62	236	< .0001
69	391.94	240	< .0001
70	398.76	244	< .0001
71	401.32	248	< .0001
72	406.16	252	< .0001

Autocorrelation Function for brix_9
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



Autocorrelation Function for hk_9
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

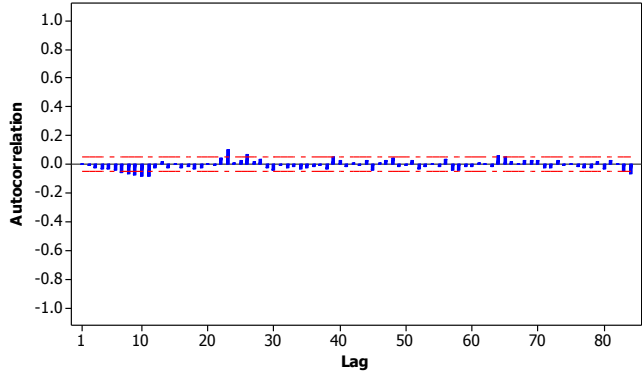


10. *Output* VARI(10,1)

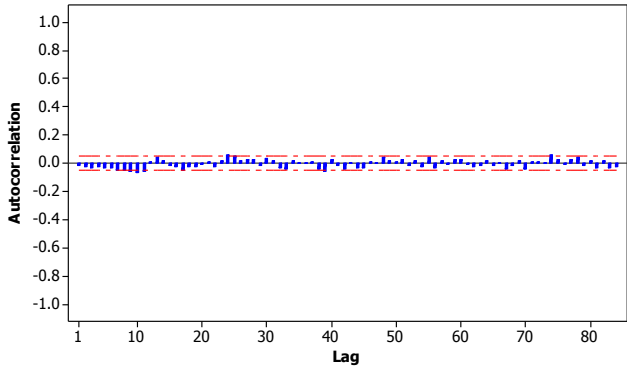
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi - Square	DF	Prob> ChiSq
11	85.46	4	<.0001
12	87.32	8	<.0001
13	91.31	12	<.0001
14	93.97	16	<.0001
15	94.47	20	<.0001
16	96.67	24	<.0001
17	100.66	28	<.0001
18	103.83	32	<.0001
19	106.18	36	<.0001
20	107.22	40	<.0001
21	109.34	44	<.0001
22	115.75	48	<.0001
23	139.16	52	<.0001
24	146.03	56	<.0001
25	151.06	60	<.0001
26	158.53	64	<.0001
27	161.13	68	<.0001
28	166.22	72	<.0001
29	171.61	76	<.0001
30	177.26	80	<.0001
31	184.51	84	<.0001
32	190.20	88	<.0001
33	194.20	92	<.0001
34	198.09	96	<.0001
35	198.83	100	<.0001
36	200.06	104	<.0001
37	201.49	108	<.0001
38	205.51	112	<.0001
39	218.34	116	<.0001
40	221.01	120	<.0001
41	225.37	124	<.0001
42	232.62	128	<.0001
43	235.58	132	<.0001
44	243.30	136	<.0001
45	249.67	140	<.0001
46	250.81	144	<.0001
47	252.20	148	<.0001
48	258.20	152	<.0001
49	260.14	156	<.0001
50	265.25	160	<.0001
51	268.28	164	<.0001
52	270.63	168	<.0001
53	272.66	172	<.0001
54	274.35	176	<.0001
55	281.25	180	<.0001
56	288.55	184	<.0001
57	292.17	188	<.0001
58	298.82	192	<.0001
59	305.01	196	<.0001
60	307.45	200	<.0001
61	308.42	204	<.0001
62	316.79	208	<.0001
63	317.71	212	<.0001
64	323.03	216	<.0001
65	328.97	220	<.0001
66	329.71	224	<.0001

67	332.53	228	< .0001
68	340.78	232	< .0001
69	346.37	236	< .0001
70	351.98	240	< .0001
71	354.77	244	< .0001
72	359.04	248	< .0001

Autocorrelation Function for brix_10
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



Autocorrelation Function for hk_10
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

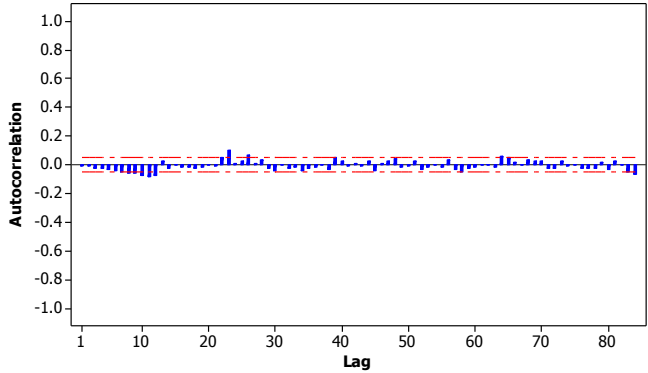


11. *Output* VARI(11,1)

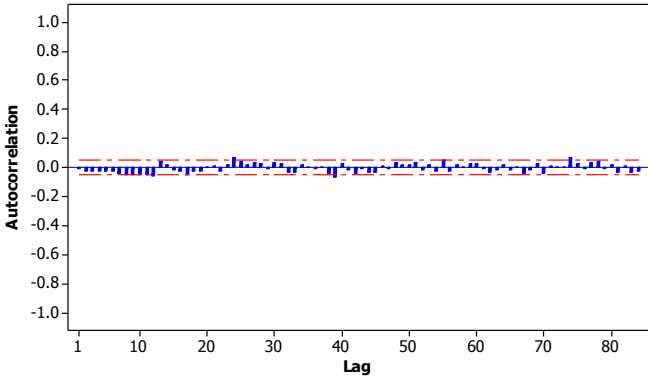
The VARMAX Procedure			
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
12	81.56	4	<.0001
13	86.39	8	<.0001
14	89.26	12	<.0001
15	90.30	16	<.0001
16	92.37	20	<.0001
17	96.50	24	<.0001
18	99.40	28	<.0001
19	101.72	32	<.0001
20	102.55	36	<.0001
21	104.47	40	<.0001
22	111.48	44	<.0001
23	135.63	48	<.0001
24	143.05	52	<.0001
25	147.68	56	<.0001
26	155.12	60	<.0001
27	157.91	64	<.0001
28	162.65	68	<.0001
29	168.19	72	<.0001
30	173.92	76	<.0001
31	181.73	80	<.0001
32	187.22	84	<.0001
33	190.50	88	<.0001
34	194.93	92	<.0001
35	196.10	96	<.0001
36	197.63	100	<.0001
37	198.99	104	<.0001
38	203.37	108	<.0001
39	216.43	112	<.0001
40	218.94	116	<.0001
41	224.15	120	<.0001
42	230.62	124	<.0001
43	234.48	128	<.0001
44	241.36	132	<.0001
45	246.98	136	<.0001
46	248.23	140	<.0001
47	249.95	144	<.0001
48	256.06	148	<.0001
49	258.01	152	<.0001
50	261.99	156	<.0001
51	265.62	160	<.0001
52	268.49	164	<.0001
53	271.11	168	<.0001
54	272.51	172	<.0001
55	279.85	176	<.0001
56	287.45	180	<.0001
57	290.45	184	<.0001
58	297.36	188	<.0001
59	303.22	192	<.0001
60	305.79	196	<.0001
61	306.73	200	<.0001
62	314.37	204	<.0001
63	315.40	208	<.0001
64	321.02	212	<.0001
65	326.99	216	<.0001

66	327.72	220	< .0001
67	330.58	224	< .0001
68	338.58	228	< .0001
69	344.09	232	< .0001
70	349.27	236	< .0001
71	351.48	240	< .0001
72	355.30	244	< .0001

Autocorrelation Function for brix_11
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



Autocorrelation Function for hk_11
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

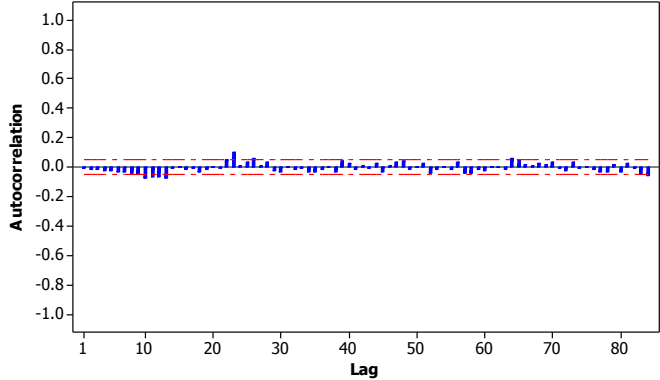


12. Output VARI(12,1)

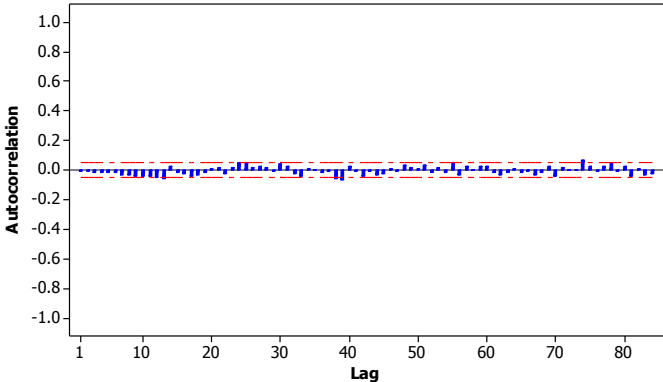
The VARMAX Procedure			
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
13	71.29	4	<.0001
14	74.24	8	<.0001
15	75.05	12	<.0001
16	77.06	16	<.0001
17	80.42	20	<.0001
18	83.78	24	<.0001
19	86.36	28	<.0001
20	87.15	32	<.0001
21	88.96	36	<.0001
22	95.84	40	<.0001
23	119.30	44	<.0001
24	124.77	48	<.0001
25	130.41	52	<.0001
26	136.26	56	<.0001
27	138.35	60	<.0001
28	143.64	64	<.0001
29	148.92	68	<.0001
30	155.06	72	<.0001
31	163.98	76	<.0001
32	168.87	80	<.0001
33	172.27	84	<.0001
34	176.07	88	<.0001
35	178.13	92	<.0001
36	179.64	96	<.0001
37	180.55	100	<.0001
38	186.84	104	<.0001
39	200.70	108	<.0001
40	202.87	112	<.0001
41	208.84	116	<.0001
42	215.32	120	<.0001
43	220.02	124	<.0001
44	227.67	128	<.0001
45	233.59	132	<.0001
46	234.95	136	<.0001
47	237.31	140	<.0001
48	243.93	144	<.0001
49	245.85	148	<.0001
50	249.46	152	<.0001
51	253.60	156	<.0001
52	257.82	160	<.0001
53	260.38	164	<.0001
54	261.92	168	<.0001
55	270.11	172	<.0001
56	279.85	176	<.0001
57	284.25	180	<.0001
58	289.54	184	<.0001
59	295.24	188	<.0001
60	298.26	192	<.0001
61	299.78	196	<.0001
62	307.30	200	<.0001
63	308.26	204	<.0001
64	314.07	208	<.0001
65	320.59	212	<.0001
66	321.16	216	<.0001

67	323.54	220	< .0001
68	331.21	224	< .0001
69	336.60	228	< .0001
70	341.91	232	< .0001
71	343.62	236	< .0001
72	347.63	240	< .0001

Autocorrelation Function for brix_12
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



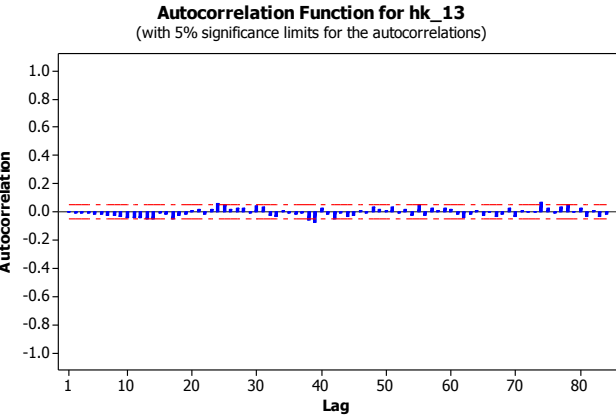
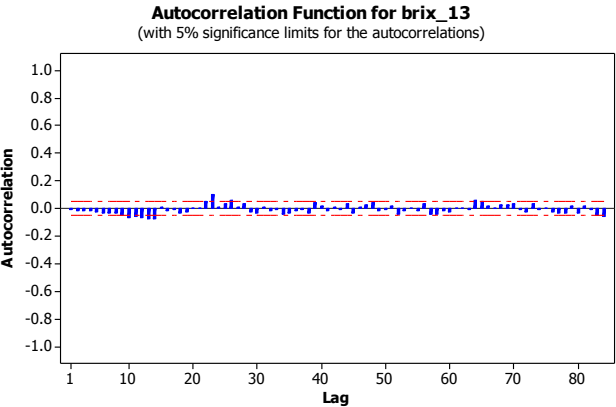
Autocorrelation Function for hk_12
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



13.*Output* VARI(13,1)

Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
14	69.68	4	<.0001
15	70.51	8	<.0001
16	72.26	12	<.0001
17	76.52	16	<.0001
18	79.52	20	<.0001
19	82.38	24	<.0001
20	83.21	28	<.0001
21	85.12	32	<.0001
22	91.57	36	<.0001
23	115.87	40	<.0001
24	122.26	44	<.0001
25	127.14	48	<.0001
26	133.17	52	<.0001
27	135.24	56	<.0001
28	140.90	60	<.0001
29	146.09	64	<.0001
30	152.25	68	<.0001
31	162.23	72	<.0001
32	166.89	76	<.0001
33	170.10	80	<.0001
34	173.65	84	<.0001
35	175.40	88	<.0001
36	177.25	92	<.0001
37	178.71	96	<.0001
38	185.71	100	<.0001
39	200.55	104	<.0001
40	202.85	108	<.0001
41	209.35	112	<.0001
42	216.07	116	<.0001
43	220.40	120	<.0001
44	227.38	124	<.0001
45	234.08	128	<.0001
46	235.11	132	<.0001
47	237.12	136	<.0001
48	243.42	140	<.0001
49	245.33	144	<.0001
50	248.90	148	<.0001
51	252.76	152	<.0001
52	256.76	156	<.0001
53	259.54	160	<.0001
54	261.52	164	<.0001
55	268.65	168	<.0001
56	277.03	172	<.0001
57	281.06	176	<.0001
58	286.23	180	<.0001
59	291.97	184	<.0001
60	294.56	188	<.0001
61	296.28	192	<.0001
62	304.49	196	<.0001
63	305.43	200	<.0001
64	311.83	204	<.0001
65	317.60	208	<.0001
66	318.39	212	<.0001
67	320.58	216	<.0001
68	328.26	220	<.0001
69	333.86	224	<.0001
70	338.29	228	<.0001
71	340.20	232	<.0001

72	344.09	236	<.0001
----	--------	-----	--------



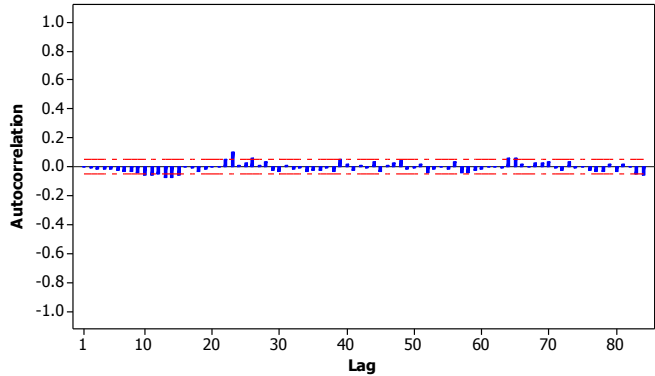
14. *Output* VARI(14,1)

Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
15	67.53	4	<.0001
16	68.67	8	<.0001
17	72.75	12	<.0001
18	76.19	16	<.0001
19	78.78	20	<.0001
20	79.85	24	<.0001
21	81.98	28	<.0001
22	88.57	32	<.0001
23	113.55	36	<.0001
24	120.78	40	<.0001
25	125.40	44	<.0001
26	131.94	48	<.0001
27	134.05	52	<.0001
28	139.53	56	<.0001
29	144.17	60	<.0001
30	150.21	64	<.0001
31	159.47	68	<.0001
32	164.31	72	<.0001
33	167.50	76	<.0001
34	170.59	80	<.0001
35	172.17	84	<.0001
36	174.36	88	<.0001
37	175.97	92	<.0001
38	183.34	96	<.0001
39	198.46	100	<.0001
40	200.49	104	<.0001
41	206.62	108	<.0001
42	213.56	112	<.0001
43	217.49	116	<.0001
44	224.42	120	<.0001
45	231.39	124	<.0001
46	232.07	128	<.0001
47	233.89	132	<.0001
48	240.40	136	<.0001
49	242.13	140	<.0001
50	246.01	144	<.0001
51	249.59	148	<.0001
52	253.31	152	<.0001
53	255.91	156	<.0001
54	258.23	160	<.0001
55	265.79	164	<.0001
56	274.01	168	<.0001
57	278.27	172	<.0001
58	283.69	176	<.0001
59	289.17	180	<.0001
60	291.70	184	<.0001
61	293.15	188	<.0001
62	301.51	192	<.0001
63	302.66	196	<.0001
64	309.31	200	<.0001
65	316.23	204	<.0001
66	316.67	208	<.0001
67	318.74	212	<.0001
68	325.92	216	<.0001
69	332.32	220	<.0001
70	336.93	224	<.0001
71	338.76	228	<.0001

72	342.24	232	<.0001
----	--------	-----	--------

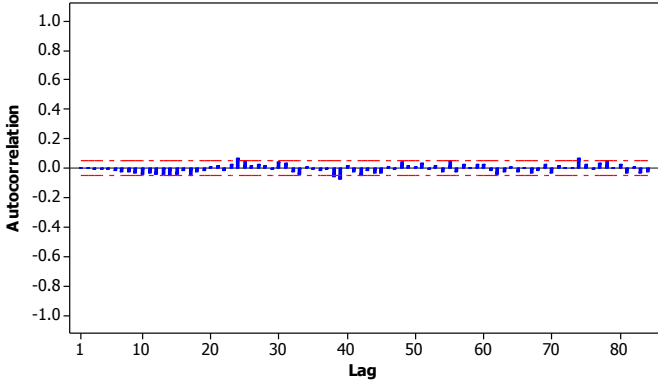
Autocorrelation Function for brix_14

(with 5% significance limits for the autocorrelations)



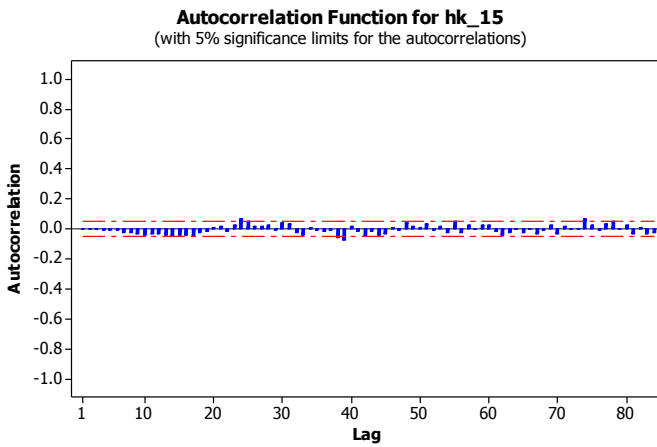
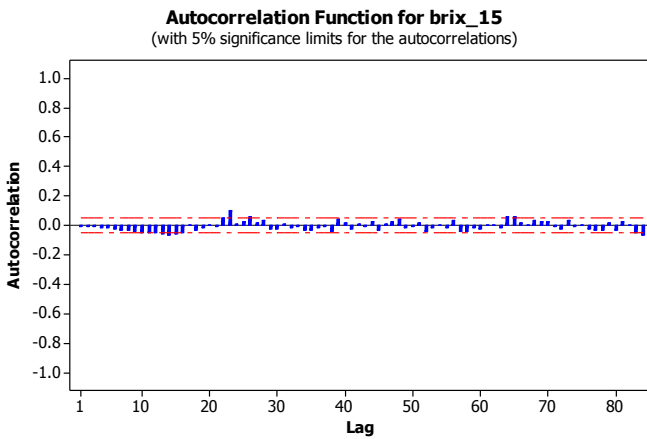
Autocorrelation Function for hk_14

(with 5% significance limits for the autocorrelations)



15. *Output* VARI(15,1)

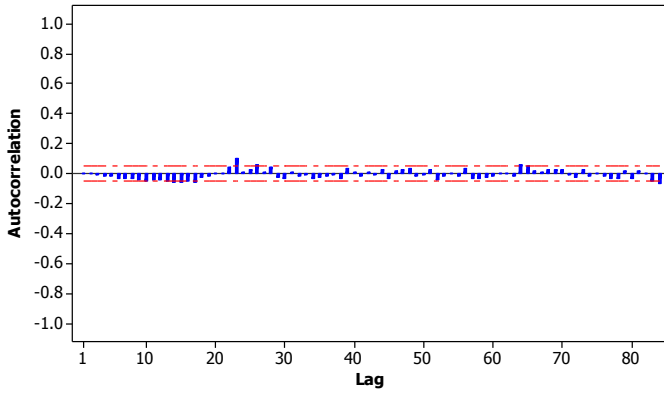
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi - Square	DF	Prob> ChiSq
16	66.50	4	<.0001
17	70.30	8	<.0001
18	73.77	12	<.0001
19	76.44	16	<.0001
20	77.72	20	<.0001
21	80.26	24	<.0001
22	87.05	28	<.0001
23	111.59	32	<.0001
24	119.02	36	<.0001
25	123.94	40	<.0001
26	130.24	44	<.0001
27	132.04	48	<.0001
28	137.53	52	<.0001
29	141.99	56	<.0001
30	147.66	60	<.0001
31	157.04	64	<.0001
32	162.21	68	<.0001
33	165.48	72	<.0001
34	167.97	76	<.0001
35	169.70	80	<.0001
36	171.96	84	<.0001
37	173.40	88	<.0001
38	180.87	92	<.0001
39	195.94	96	<.0001
40	197.96	100	<.0001
41	203.70	104	<.0001
42	210.85	108	<.0001
43	214.83	112	<.0001
44	221.75	116	<.0001
45	228.84	120	<.0001
46	229.51	124	<.0001
47	231.58	128	<.0001
48	238.02	132	<.0001
49	240.04	136	<.0001
50	244.01	140	<.0001
51	247.42	144	<.0001
52	250.83	148	<.0001
53	253.17	152	<.0001
54	255.34	156	<.0001
55	263.36	160	<.0001
56	272.39	164	<.0001
57	276.43	168	<.0001
58	281.52	172	<.0001
59	287.25	176	<.0001
60	289.78	180	<.0001
61	291.41	184	<.0001
62	300.39	188	<.0001
63	301.93	192	<.0001
64	308.27	196	<.0001
65	315.43	200	<.0001
66	316.02	204	<.0001
67	318.07	208	<.0001
68	325.86	212	<.0001
69	331.76	216	<.0001
70	335.98	220	<.0001
71	337.79	224	<.0001
72	341.52	228	<.0001



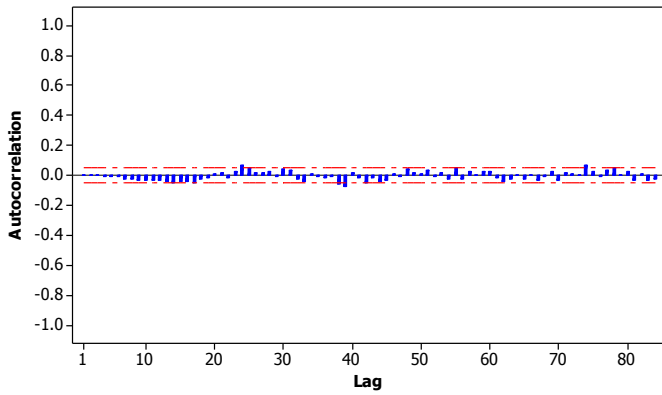
16. *Output* VARI(16,1)

Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
17	68.25	4	<.0001
18	70.61	8	<.0001
19	73.01	12	<.0001
20	74.66	16	<.0001
21	77.23	20	<.0001
22	82.73	24	<.0001
23	106.62	28	<.0001
24	113.73	32	<.0001
25	118.61	36	<.0001
26	125.09	40	<.0001
27	126.72	44	<.0001
28	132.26	48	<.0001
29	136.94	52	<.0001
30	142.81	56	<.0001
31	152.00	60	<.0001
32	157.18	64	<.0001
33	160.48	68	<.0001
34	163.21	72	<.0001
35	164.48	76	<.0001
36	166.46	80	<.0001
37	167.63	84	<.0001
38	175.06	88	<.0001
39	189.49	92	<.0001
40	191.60	96	<.0001
41	197.23	100	<.0001
42	204.45	104	<.0001
43	208.48	108	<.0001
44	215.46	112	<.0001
45	222.54	116	<.0001
46	223.28	120	<.0001
47	225.30	124	<.0001
48	231.53	128	<.0001
49	233.77	132	<.0001
50	237.73	136	<.0001
51	241.27	140	<.0001
52	244.41	144	<.0001
53	246.72	148	<.0001
54	249.12	152	<.0001
55	256.99	156	<.0001
56	265.73	160	<.0001
57	269.55	164	<.0001
58	274.69	168	<.0001
59	279.94	172	<.0001
60	282.43	176	<.0001
61	283.83	180	<.0001
62	292.65	184	<.0001
63	294.12	188	<.0001
64	299.65	192	<.0001
65	306.84	196	<.0001
66	307.71	200	<.0001
67	310.13	204	<.0001
68	317.76	208	<.0001
69	323.73	212	<.0001
70	327.97	216	<.0001
71	329.77	220	<.0001
72	333.81	224	<.0001

Autocorrelation Function for brix_16
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

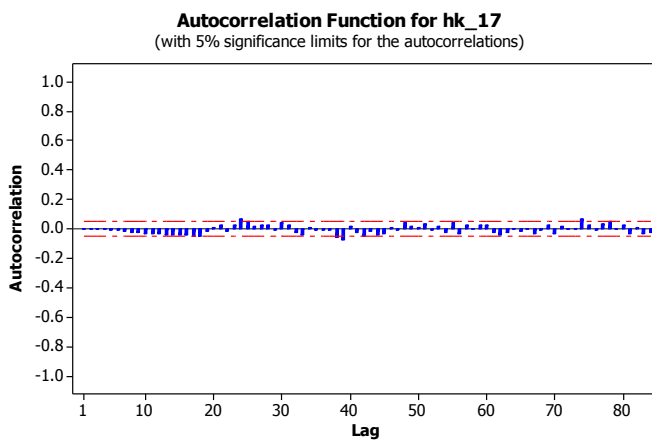
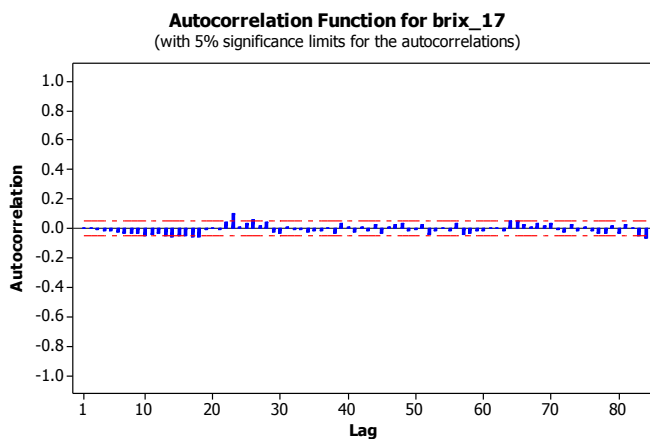


Autocorrelation Function for hk_16
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



17. Output VARI(17,1)

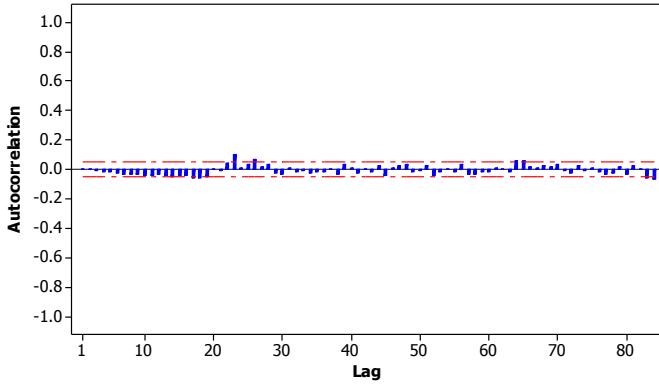
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
18	70.52	4	<.0001
19	72.71	8	<.0001
20	74.38	12	<.0001
21	77.24	16	<.0001
22	82.69	20	<.0001
23	105.82	24	<.0001
24	112.89	28	<.0001
25	117.94	32	<.0001
26	124.99	36	<.0001
27	126.79	40	<.0001
28	132.19	44	<.0001
29	136.71	48	<.0001
30	142.67	52	<.0001
31	151.47	56	<.0001
32	156.33	60	<.0001
33	159.77	64	<.0001
34	162.33	68	<.0001
35	163.41	72	<.0001
36	165.24	76	<.0001
37	166.48	80	<.0001
38	173.76	84	<.0001
39	187.95	88	<.0001
40	189.98	92	<.0001
41	195.87	96	<.0001
42	203.89	100	<.0001
43	208.27	104	<.0001
44	215.25	108	<.0001
45	222.31	112	<.0001
46	223.02	116	<.0001
47	224.95	120	<.0001
48	231.16	124	<.0001
49	233.50	128	<.0001
50	237.56	132	<.0001
51	241.12	136	<.0001
52	244.32	140	<.0001
53	246.84	144	<.0001
54	249.28	148	<.0001
55	256.91	152	<.0001
56	265.71	156	<.0001
57	269.71	160	<.0001
58	274.43	164	<.0001
59	279.59	168	<.0001
60	281.77	172	<.0001
61	283.49	176	<.0001
62	292.48	180	<.0001
63	293.89	184	<.0001
64	298.69	188	<.0001
65	305.80	192	<.0001
66	306.80	196	<.0001
67	309.36	200	<.0001
68	316.88	204	<.0001
69	322.82	208	<.0001
70	326.84	212	<.0001
71	328.79	216	<.0001
72	333.16	220	<.0001



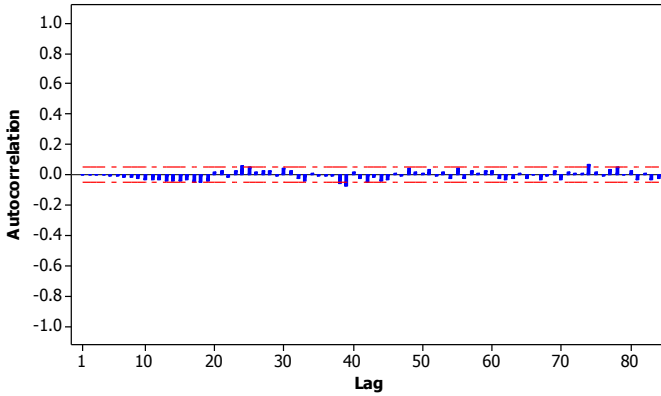
18. *Output* VARI(18,1)

The VARMAX Procedure			
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
19	67.22	4	<.0001
20	68.79	8	<.0001
21	71.43	12	<.0001
22	76.67	16	<.0001
23	98.84	20	<.0001
24	105.51	24	<.0001
25	110.34	28	<.0001
26	118.13	32	<.0001
27	120.07	36	<.0001
28	125.09	40	<.0001
29	129.58	44	<.0001
30	135.19	48	<.0001
31	143.62	52	<.0001
32	148.22	56	<.0001
33	151.47	60	<.0001
34	153.79	64	<.0001
35	154.81	68	<.0001
36	156.77	72	<.0001
37	158.18	76	<.0001
38	165.03	80	<.0001
39	178.65	84	<.0001
40	180.48	88	<.0001
41	186.57	92	<.0001
42	194.27	96	<.0001
43	198.30	100	<.0001
44	205.19	104	<.0001
45	212.82	108	<.0001
46	213.39	112	<.0001
47	215.01	116	<.0001
48	221.58	120	<.0001
49	223.70	124	<.0001
50	227.40	128	<.0001
51	230.71	132	<.0001
52	234.03	136	<.0001
53	236.08	140	<.0001
54	238.48	144	<.0001
55	245.57	148	<.0001
56	254.56	152	<.0001
57	258.59	156	<.0001
58	263.65	160	<.0001
59	268.49	164	<.0001
60	270.81	168	<.0001
61	272.50	172	<.0001
62	280.73	176	<.0001
63	282.18	180	<.0001
64	287.36	184	<.0001
65	295.32	188	<.0001
66	296.14	192	<.0001
67	298.22	196	<.0001
68	305.51	200	<.0001
69	311.29	204	<.0001
70	315.25	208	<.0001
71	316.75	212	<.0001
72	321.56	216	<.0001

Autocorrelation Function for brix_18
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

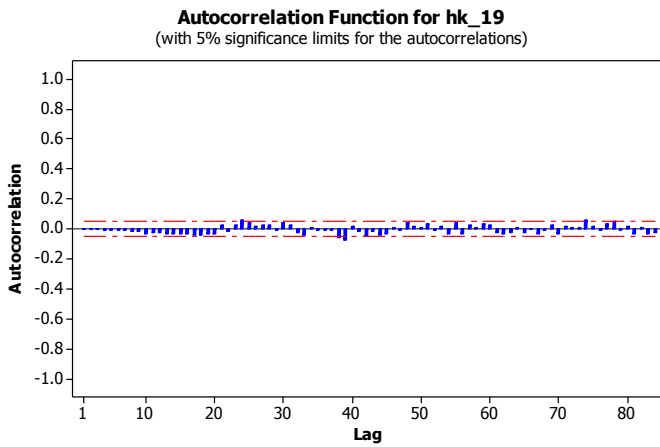
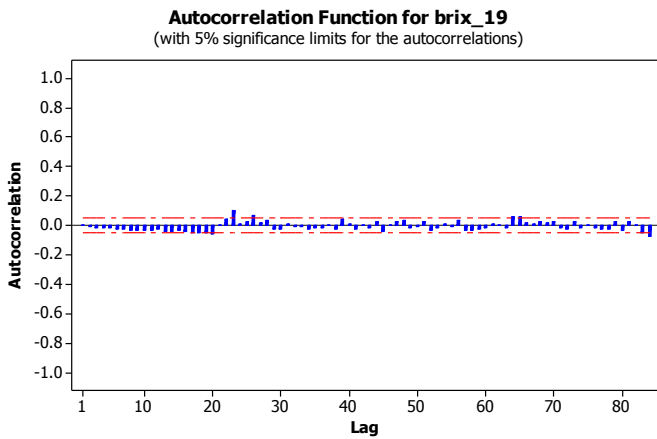


Autocorrelation Function for hk_18
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



19. *Output* VARI(19,1)

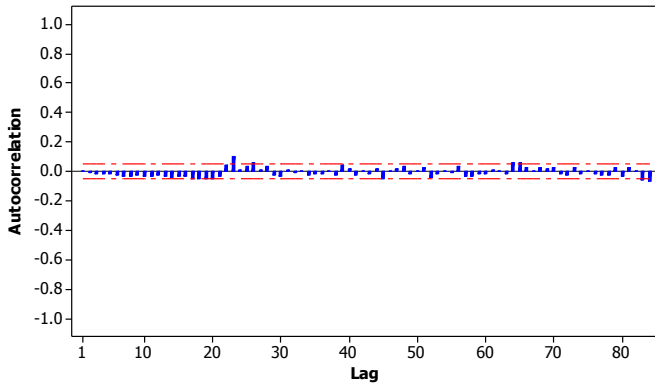
The VARMAX Procedure			
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
20	61.66	4	<.0001
21	64.28	8	<.0001
22	69.58	12	<.0001
23	91.02	16	<.0001
24	97.84	20	<.0001
25	102.32	24	<.0001
26	109.60	28	<.0001
27	111.63	32	<.0001
28	116.42	36	<.0001
29	121.16	40	<.0001
30	127.02	44	<.0001
31	135.09	48	<.0001
32	139.17	52	<.0001
33	142.73	56	<.0001
34	144.89	60	<.0001
35	145.96	64	<.0001
36	147.87	68	<.0001
37	149.20	72	<.0001
38	155.33	76	<.0001
39	169.23	80	<.0001
40	171.06	84	<.0001
41	177.19	88	<.0001
42	184.50	92	<.0001
43	189.02	96	<.0001
44	196.54	100	<.0001
45	205.11	104	<.0001
46	205.58	108	<.0001
47	207.11	112	<.0001
48	212.58	116	<.0001
49	214.34	120	<.0001
50	218.34	124	<.0001
51	221.26	128	<.0001
52	224.39	132	<.0001
53	226.60	136	<.0001
54	229.62	140	<.0001
55	236.06	144	<.0001
56	244.77	148	<.0001
57	248.44	152	<.0001
58	253.20	156	<.0001
59	259.00	160	<.0001
60	261.24	164	<.0001
61	262.85	168	<.0001
62	271.72	172	<.0001
63	273.05	176	<.0001
64	278.59	180	<.0001
65	286.54	184	<.0001
66	287.29	188	<.0001
67	289.35	192	<.0001
68	296.15	196	<.0001
69	301.66	200	<.0001
70	305.53	204	<.0001
71	307.15	208	<.0001
72	311.98	212	<.0001



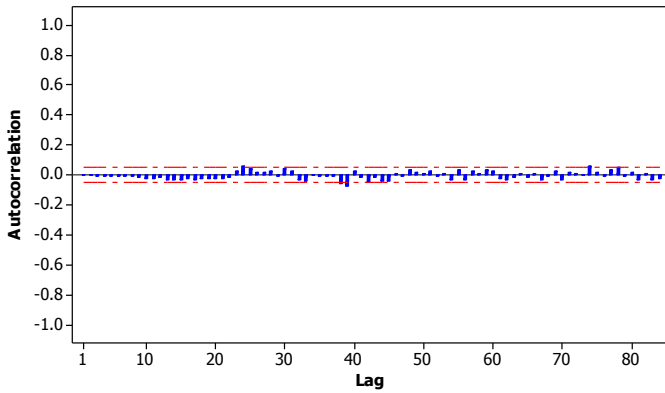
20. Output VARI(20,1)

The VARMAX Procedure			
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
21	56.12	4	<.0001
22	61.80	8	<.0001
23	83.20	12	<.0001
24	89.86	16	<.0001
25	94.16	20	<.0001
26	101.11	24	<.0001
27	103.01	28	<.0001
28	107.87	32	<.0001
29	112.91	36	<.0001
30	118.83	40	<.0001
31	126.78	44	<.0001
32	131.71	48	<.0001
33	135.15	52	<.0001
34	137.48	56	<.0001
35	138.56	60	<.0001
36	140.50	64	<.0001
37	142.10	68	<.0001
38	147.97	72	<.0001
39	162.10	76	<.0001
40	164.31	80	<.0001
41	170.32	84	<.0001
42	177.61	88	<.0001
43	182.43	92	<.0001
44	189.23	96	<.0001
45	198.08	100	<.0001
46	198.57	104	<.0001
47	199.69	108	<.0001
48	204.12	112	<.0001
49	205.89	116	<.0001
50	210.29	120	<.0001
51	213.10	124	<.0001
52	216.49	128	<.0001
53	218.84	132	<.0001
54	221.98	136	<.0001
55	227.91	140	<.0001
56	236.82	144	<.0001
57	240.04	148	<.0001
58	245.08	152	<.0001
59	250.98	156	<.0001
60	253.66	160	<.0001
61	255.47	164	<.0001
62	264.07	168	<.0001
63	265.21	172	<.0001
64	270.63	176	<.0001
65	278.12	180	<.0001
66	279.00	184	<.0001
67	280.96	188	<.0001
68	287.65	192	<.0001
69	292.64	196	<.0001
70	296.06	200	<.0001
71	297.89	204	<.0001
72	302.62	208	<.0001

Autocorrelation Function for brix_20
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



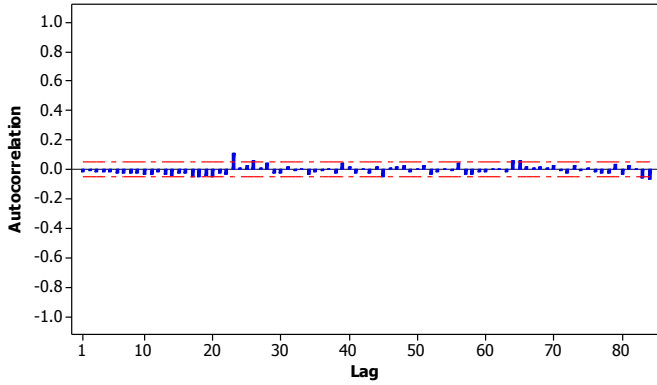
Autocorrelation Function for hk_20
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



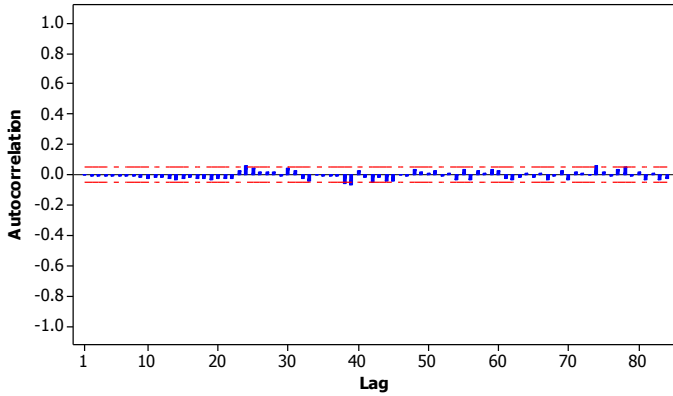
21. *Output* VARI(21,1)

Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi - Square	DF	Prob> ChiSq
22	48.97	4	<.0001
23	75.76	8	<.0001
24	82.15	12	<.0001
25	86.08	16	<.0001
26	92.91	20	<.0001
27	94.71	24	<.0001
28	100.07	28	<.0001
29	105.27	32	<.0001
30	110.97	36	<.0001
31	119.62	40	<.0001
32	124.86	44	<.0001
33	128.84	48	<.0001
34	131.82	52	<.0001
35	132.75	56	<.0001
36	134.39	60	<.0001
37	135.97	64	<.0001
38	141.76	68	<.0001
39	155.83	72	<.0001
40	158.22	76	<.0001
41	164.01	80	<.0001
42	172.06	84	<.0001
43	176.84	88	<.0001
44	183.53	92	<.0001
45	194.05	96	<.0001
46	194.58	100	<.0001
47	195.80	104	<.0001
48	199.93	108	<.0001
49	201.69	112	<.0001
50	205.94	116	<.0001
51	208.63	120	<.0001
52	211.40	124	<.0001
53	214.08	128	<.0001
54	216.66	132	<.0001
55	222.32	136	<.0001
56	231.58	140	<.0001
57	235.14	144	<.0001
58	239.48	148	<.0001
59	245.58	152	<.0001
60	248.38	156	<.0001
61	250.30	160	<.0001
62	258.84	164	<.0001
63	259.97	168	<.0001
64	265.11	172	<.0001
65	273.18	176	<.0001
66	273.78	180	<.0001
67	275.92	184	<.0001
68	282.33	188	<.0001
69	286.76	192	<.0001
70	290.36	196	<.0001
71	292.24	200	<.0001
72	296.04	204	<.0001

Autocorrelation Function for brix_21
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

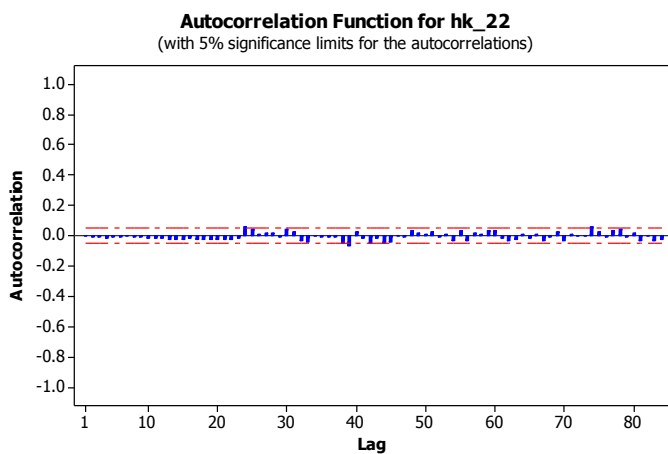
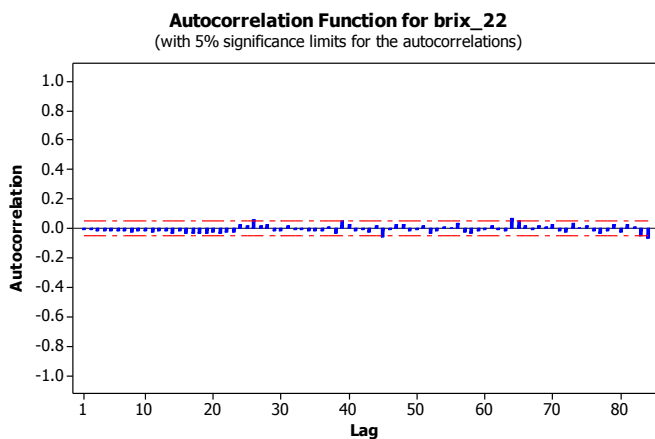


Autocorrelation Function for hk_21
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



22. Output VARI(22,1)

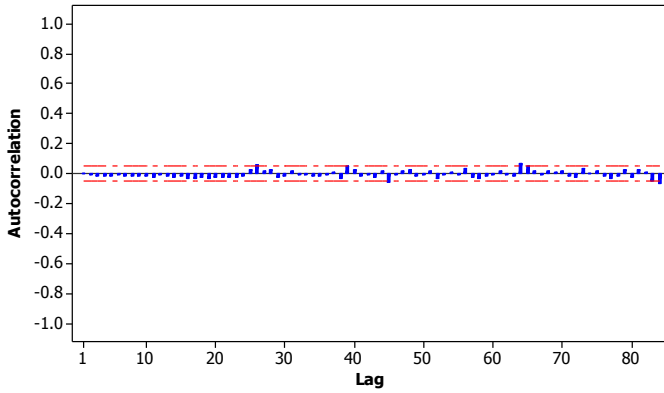
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi - Square	DF	Prob> ChiSq
23	32.25	4	<.0001
24	39.29	8	<.0001
25	42.66	12	<.0001
26	49.53	16	<.0001
27	52.00	20	0.0001
28	57.37	24	0.0001
29	63.09	28	0.0002
30	68.26	32	0.0002
31	78.33	36	<.0001
32	84.25	40	<.0001
33	87.71	44	<.0001
34	89.61	48	0.0003
35	90.13	52	0.0008
36	91.46	56	0.0019
37	93.35	60	0.0038
38	98.87	64	0.0034
39	113.54	68	0.0004
40	116.60	72	0.0007
41	122.48	76	0.0006
42	130.07	80	0.0003
43	134.01	84	0.0004
44	142.10	88	0.0002
45	153.43	92	<.0001
46	153.86	96	0.0002
47	155.21	100	0.0003
48	159.78	104	0.0004
49	161.59	108	0.0006
50	166.60	112	0.0006
51	169.30	116	0.0009
52	171.97	120	0.0013
53	175.34	124	0.0017
54	178.11	128	0.0023
55	182.52	132	0.0024
56	190.18	136	0.0015
57	192.46	140	0.0022
58	196.25	144	0.0025
59	201.42	148	0.0023
60	204.34	152	0.0030
61	206.42	156	0.0043
62	213.40	160	0.0031
63	214.74	164	0.0048
64	221.58	168	0.0035
65	228.01	172	0.0027
66	228.84	176	0.0045
68	236.33	184	0.0056
69	240.77	188	0.0056
70	243.67	192	0.0069
71	246.57	196	0.0083
72	250.13	200	0.0092



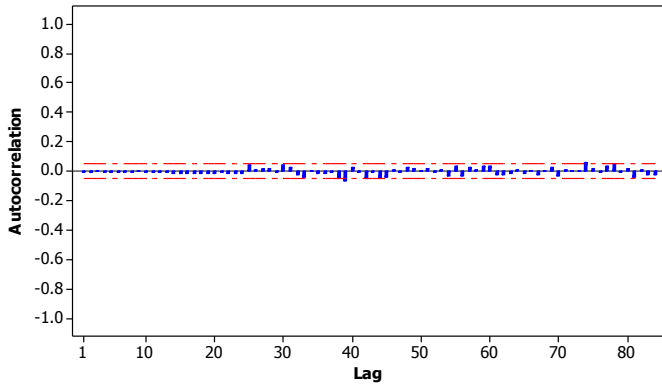
23. Output VARI(23,1)

Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi - Square	DF	Prob> ChiSq
24	26.39	4	<.0001
25	30.37	8	0.0002
26	37.60	12	0.0002
27	39.50	16	0.0009
28	45.80	20	0.0009
29	51.44	24	0.0009
30	56.88	28	0.0010
31	66.44	32	0.0003
32	71.64	36	0.0004
33	74.98	40	0.0007
34	76.53	44	0.0017
35	77.10	48	0.0049
36	78.19	52	0.0109
37	80.23	56	0.0185
38	85.66	60	0.0165
39	100.27	64	0.0025
40	103.10	68	0.0039
41	108.87	72	0.0033
42	116.18	76	0.0021
43	119.72	80	0.0027
44	128.54	84	0.0013
45	139.91	88	0.0004
46	140.45	92	0.0009
47	141.98	96	0.0016
48	145.73	100	0.0019
49	147.40	104	0.0033
50	152.00	108	0.0034
51	154.51	112	0.0048
52	157.09	116	0.0067
53	160.38	120	0.0081
54	163.58	124	0.0099
55	166.82	128	0.0120
56	174.03	132	0.0083
57	176.63	136	0.0109
58	180.10	140	0.0126
59	185.23	144	0.0116
60	188.26	148	0.0141
61	190.48	152	0.0187
62	197.14	156	0.0143
63	198.36	160	0.0212
64	204.98	164	0.0164
65	211.18	168	0.0134
66	211.78	172	0.0210
67	214.11	176	0.0265
68	219.66	180	0.0234
69	224.51	184	0.0223
70	227.64	188	0.0256
71	230.85	192	0.0290
72	234.05	196	0.0327

Autocorrelation Function for brix_23
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



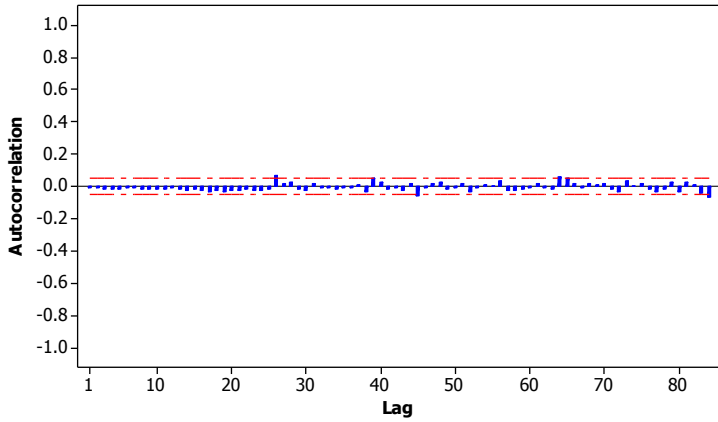
Autocorrelation Function for hk_23
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



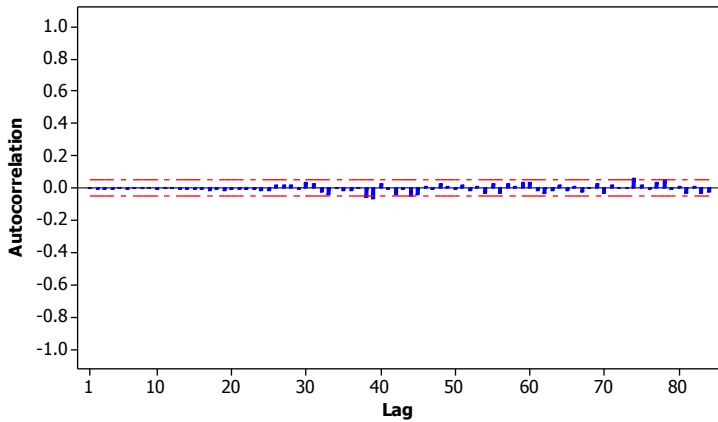
24. *Output* VARI(24,1)

Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi - Square	DF	Prob> ChiSq
25	21.50	4	0.0003
26	29.60	8	0.0002
27	31.72	12	0.0015
28	37.39	16	0.0018
29	42.58	20	0.0023
30	47.15	24	0.0032
31	55.59	28	0.0014
32	60.93	32	0.0015
33	64.03	36	0.0028
34	65.66	40	0.0064
35	66.13	44	0.0171
36	67.27	48	0.0345
37	68.94	52	0.0579
38	74.73	56	0.0479
39	90.00	60	0.0073
40	92.81	64	0.0108
41	98.28	68	0.0096
42	105.31	72	0.0064
43	108.53	76	0.0085
44	118.12	80	0.0036
45	128.77	84	0.0012
46	129.21	88	0.0028
47	130.47	92	0.0052
48	134.11	96	0.0062
50	139.94	104	0.0108
51	141.97	108	0.0158
52	144.50	112	0.0209
53	147.58	116	0.0254
54	150.51	120	0.0310
55	153.67	124	0.0365
56	160.43	128	0.0276
57	163.21	132	0.0338
58	166.79	136	0.0374
59	171.65	140	0.0356
60	174.51	144	0.0424
61	176.64	148	0.0541
62	183.65	152	0.0409
63	184.66	156	0.0582
64	190.97	160	0.0477
65	197.02	164	0.0401
66	197.68	168	0.0584
67	199.75	172	0.0724
68	205.18	176	0.0653
69	209.90	180	0.0629
70	212.89	184	0.0710
71	216.20	188	0.0776
72	219.07	192	0.0877

Autocorrelation Function for brix_24
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



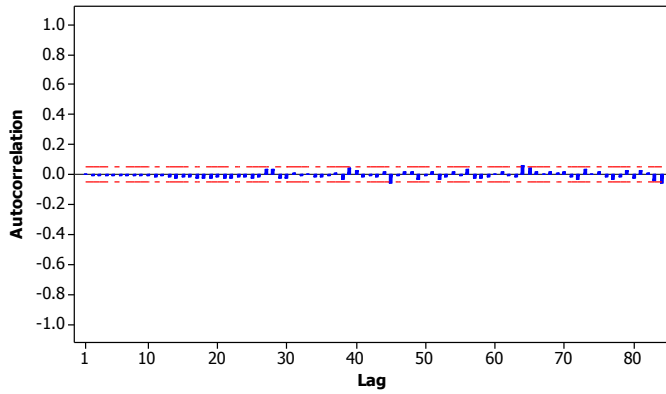
Autocorrelation Function for hk_24
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



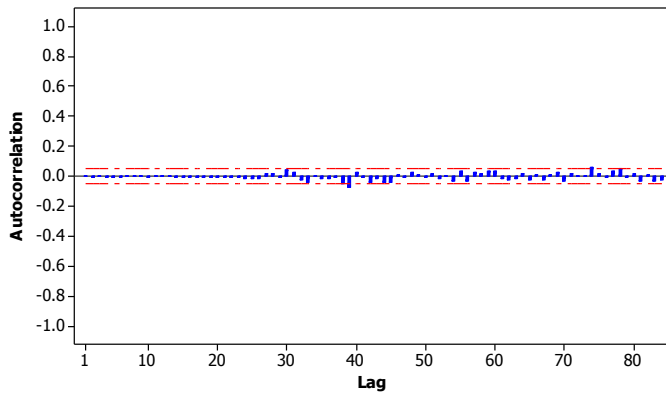
25. Output VARI(25,1)

Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
26	18.49	4	0.0010
27	21.40	8	0.0062
28	27.15	12	0.0074
29	32.89	16	0.0076
30	37.36	20	0.0106
31	45.61	24	0.0049
32	50.97	28	0.0050
33	54.09	32	0.0086
34	55.81	36	0.0187
35	56.46	40	0.0439
36	57.70	44	0.0806
37	59.07	48	0.1314
38	65.08	52	0.1052
39	79.84	56	0.0199
40	82.60	60	0.0281
41	87.92	64	0.0254
42	94.87	68	0.0174
43	98.00	72	0.0225
44	107.32	76	0.0105
45	117.48	80	0.0041
46	118.00	84	0.0086
47	119.00	88	0.0155
48	122.43	92	0.0186
49	124.57	96	0.0266
50	129.02	100	0.0270
51	130.75	104	0.0391
52	133.37	108	0.0493
53	137.06	112	0.0540
54	140.39	116	0.0613
55	144.49	120	0.0634
56	151.21	124	0.0487
57	154.15	128	0.0576
58	157.07	132	0.0674
59	162.13	136	0.0627
60	164.94	140	0.0736
61	166.94	144	0.0926
62	174.01	148	0.0708
63	175.08	152	0.0968
64	181.13	156	0.0823
65	186.19	160	0.0766
66	186.86	164	0.1067
67	188.82	168	0.1297
68	194.65	172	0.1137
69	199.22	176	0.1108
70	201.98	180	0.1252
71	205.32	184	0.1344
72	208.41	188	0.1467

Autocorrelation Function for brix_25
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



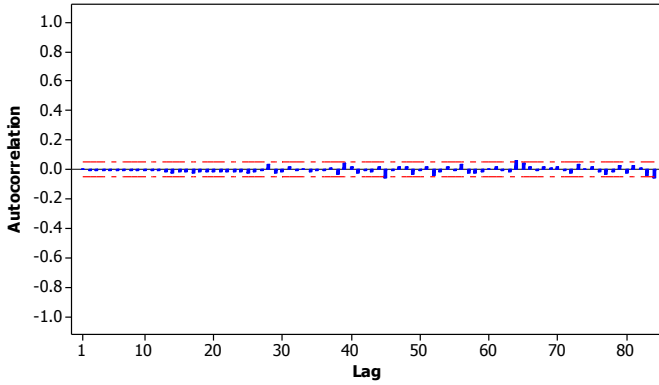
Autocorrelation Function for hk_25
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



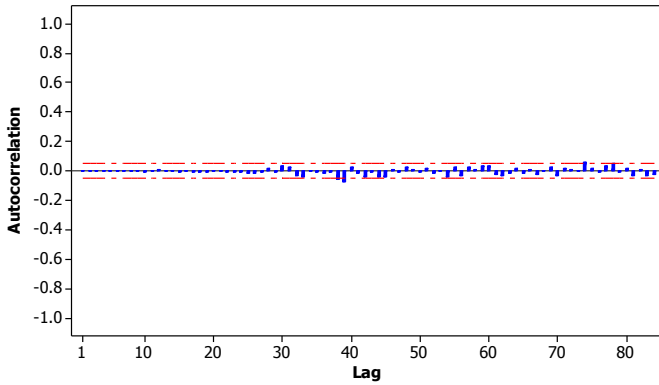
26. *Output* VARI(26,1)

Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
27	15.10	4	0.0045
28	21.61	8	0.0057
29	27.67	12	0.0062
30	31.22	16	0.0126
31	39.01	20	0.0066
32	44.36	24	0.0069
33	47.29	28	0.0128
34	48.89	32	0.0284
35	49.39	36	0.0678
36	50.75	40	0.1187
37	52.16	44	0.1864
38	58.44	48	0.1437
39	73.28	52	0.0275
40	75.89	56	0.0396
41	80.86	60	0.0376
42	88.47	64	0.0231
43	91.51	68	0.0302
44	100.33	72	0.0153
45	109.52	76	0.0071
46	110.08	80	0.0145
47	111.17	84	0.0253
48	114.29	88	0.0313
49	116.92	92	0.0408
50	121.95	96	0.0380
51	123.53	100	0.0553
52	126.22	104	0.0684
53	129.51	108	0.0777
54	132.82	112	0.0873
55	136.75	116	0.0915
56	143.95	120	0.0673
57	146.33	124	0.0834
58	149.69	128	0.0922
59	154.80	132	0.0853
60	157.44	136	0.1007
61	159.68	140	0.1221
62	167.16	144	0.0907
63	168.51	148	0.1191
64	174.23	152	0.1046
65	179.36	156	0.0970
66	180.10	160	0.1320
67	182.65	164	0.1516
68	188.54	168	0.1327
69	193.38	172	0.1264
70	196.36	176	0.1399
71	199.53	180	0.1517
72	202.30	184	0.1689

Autocorrelation Function for brix_26
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

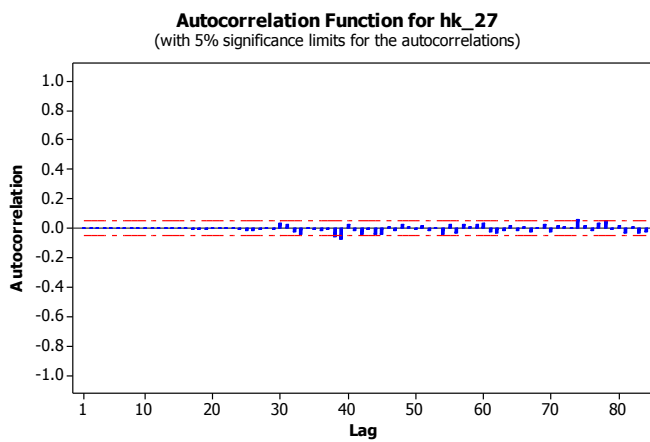
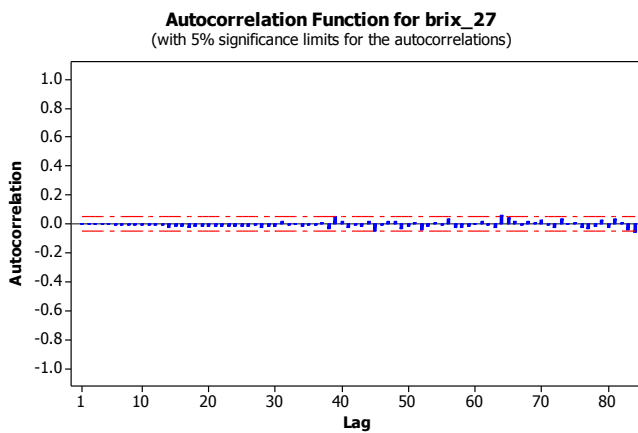


Autocorrelation Function for hk_26
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



27. Output VARI(27,1)

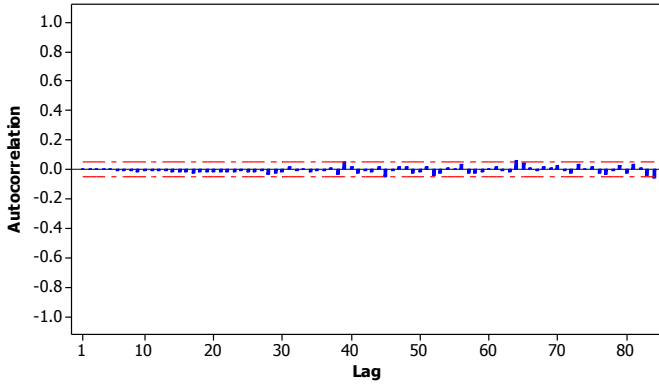
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi - Square	DF	Prob> ChiSq
27	15.10	4	0.0045
28	21.61	8	0.0057
29	27.67	12	0.0062
30	31.22	16	0.0126
31	39.01	20	0.0066
32	44.36	24	0.0069
33	47.29	28	0.0128
34	48.89	32	0.0284
35	49.39	36	0.0678
36	50.75	40	0.1187
37	52.16	44	0.1864
38	58.44	48	0.1437
39	73.28	52	0.0275
40	75.89	56	0.0396
41	80.86	60	0.0376
42	88.47	64	0.0231
43	91.51	68	0.0302
44	100.33	72	0.0153
45	109.52	76	0.0071
46	110.08	80	0.0145
47	111.17	84	0.0253
48	114.29	88	0.0313
49	116.92	92	0.0408
50	121.95	96	0.0380
51	123.53	100	0.0553
52	126.22	104	0.0684
53	129.51	108	0.0777
54	132.82	112	0.0873
55	136.75	116	0.0915
56	143.95	120	0.0673
57	146.33	124	0.0834
58	149.69	128	0.0922
59	154.80	132	0.0853
60	157.44	136	0.1007
61	159.68	140	0.1221
62	167.16	144	0.0907
63	168.51	148	0.1191
64	174.23	152	0.1046
65	179.36	156	0.0970
66	180.10	160	0.1320
67	182.65	164	0.1516
68	188.54	168	0.1327
69	193.38	172	0.1264
70	196.36	176	0.1399
71	199.53	180	0.1517
72	202.30	184	0.1689



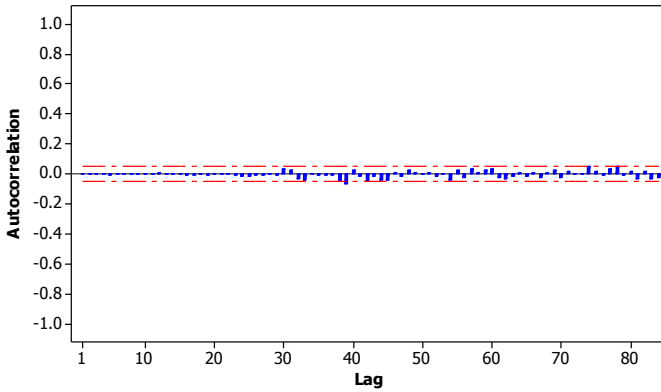
28. Output VARI(28,1)

The VARMAX Procedure			
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
29	15.03	4	0.0046
30	18.25	8	0.0195
31	25.66	12	0.0120
32	30.81	16	0.0142
33	33.78	20	0.0276
34	35.23	24	0.0650
35	35.64	28	0.1519
36	36.74	32	0.2586
37	38.15	36	0.3718
38	43.59	40	0.3214
39	57.87	44	0.0784
40	60.94	48	0.0996
41	66.15	52	0.0897
42	74.34	56	0.0510
43	77.46	60	0.0642
44	85.69	64	0.0365
45	94.84	68	0.0175
46	95.21	72	0.0350
47	96.70	76	0.0548
48	99.72	80	0.0670
49	101.83	84	0.0902
50	106.59	88	0.0865
51	107.72	92	0.1257
52	111.27	96	0.1366
53	114.25	100	0.1563
54	117.70	104	0.1694
55	122.54	108	0.1603
56	130.22	112	0.1148
57	133.00	116	0.1337
58	136.13	120	0.1491
59	141.02	124	0.1408
60	143.64	128	0.1631
61	145.89	132	0.1929
62	153.83	136	0.1407
63	155.19	140	0.1798
64	161.10	144	0.1564
65	166.81	148	0.1382
66	167.40	152	0.1859
67	169.97	156	0.2102
68	175.11	160	0.1959
69	179.48	164	0.1934
70	182.38	168	0.2121
71	184.83	172	0.2385
72	187.80	176	0.2576

Autocorrelation Function for brix_28
(with 5% significance limits for the autocorrelations)



Autocorrelation Function for hk_28
(with 5% significance limits for the autocorrelations)

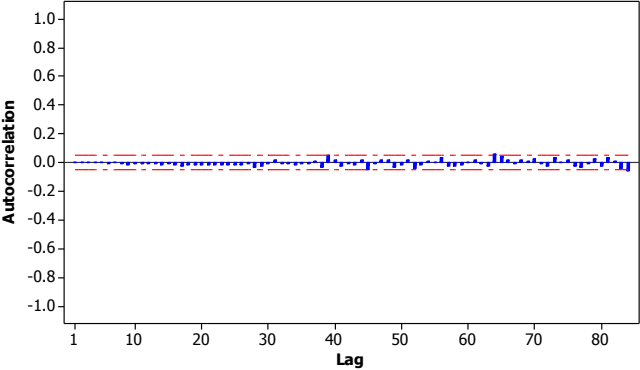


29. Output VARI(29,1)

The VARMAX Procedure			
Portmanteau Test for Residual Cross Correlations			
To Lag	Chi- Square	DF	Prob> ChiSq
30	14.26	4	0.0065
31	21.47	8	0.0060
32	27.04	12	0.0076
33	30.37	16	0.0162
34	31.76	20	0.0459
35	32.10	24	0.1245
36	33.32	28	0.2243
37	34.74	32	0.3388
38	39.49	36	0.3167
39	53.89	40	0.0701
40	56.89	44	0.0920
41	62.74	48	0.0750
42	71.94	52	0.0349
43	75.25	56	0.0440
44	84.58	60	0.0200
45	93.40	64	0.0097
46	93.63	68	0.0214
47	95.18	72	0.0351
48	98.45	76	0.0427
49	100.77	80	0.0582
50	105.80	84	0.0542
51	107.17	88	0.0806
52	110.77	92	0.0889
53	113.66	96	0.1054
54	117.82	100	0.1077
55	122.51	104	0.1038
56	129.51	108	0.0777
57	132.12	112	0.0942
58	135.26	116	0.1068
59	140.42	120	0.0981
60	142.11	124	0.1271
61	144.65	128	0.1492
62	152.38	132	0.1083
63	153.79	136	0.1412
64	159.87	140	0.1200
65	165.44	144	0.1066
66	166.19	148	0.1457
67	168.52	152	0.1703
68	173.16	156	0.1647
69	177.76	160	0.1598
70	180.57	164	0.1782
71	183.22	168	0.1998
72	186.28	172	0.2162

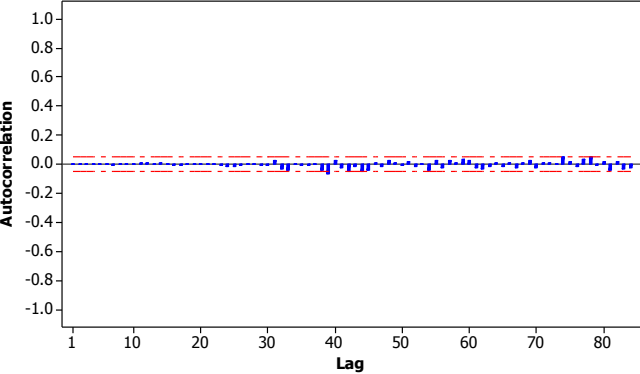
Autocorrelation Function for brix_29

(with 5% significance limits for the autocorrelations)



Autocorrelation Function for hk_29

(with 5% significance limits for the autocorrelations)



Lampiran H. Output Uji Multivariat Normal

```
> library(mvShapiroTest)
> data=read.table("E:/RUNNING/RESI.txt", header=TRUE)
> mdata=as.matrix(data)
> mvShapiro.Test(mdata)

          Generalized Shapiro-Wilk test for Multivariate Normality
by
          Villasenor-Alva and Gonzalez-Estrada

data:  mdata
MVW = 0.997, p-value = 0.0004664
```

Lampiran I. Syntax Peta Kendali MEWMV

```
X = importdata('E:\RUNNING\DATA\RESIDUAL.txt');
omega=0.1;
lamda=0.2;
p=2;
L=2.8738;
[brsX, klmX]=size(X);
t=brsX;
I=eye(t);
for i=1:t
    elemen(i)=lamda*(1-lamda)^(i-1);
end
for i=1:t
    for j=1:t
        if i<j
            M(i,j)=0;
        else
            for l=i:t
                M(l,j)=elemen(l-j+1);
            end
        end
    end
end
A=X*X';
for u=1:brsX
    Apartu=A(1:u,1:u);
    Ipartu=I(1:u,1:u);
    Mpartu=M(1:u,1:u);
    elemenC=[];
```

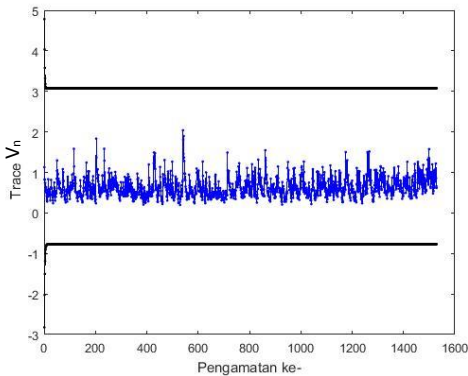

Lampiran I. *Syntax* Peta Kendali MEWMV (Lanjutan)

```
for i=1:u
    if i>1
        elemenC(i)=omega*(1-omega)^(u-i);
    else
        elemenC(i)=(1-omega)^(u-i);
    end
end
C=diag(elemenC);
Q=(Ipartu-Mpartu)'*C*(Ipartu-Mpartu);
trv(u)=trace(Q*Apartu);
ekspektasi(u)=p*trace(Q);
Q2=Q.^2;
sumQ2=sum(sum(Q2));
var(u)=2*p*sumQ2;
ba=ekspektasi+(L*sqrt(var));
bb=ekspektasi-(L*sqrt(var));
end
trvpartial=trv(:,1:t);
ekspekpartial=ekspektasi(:,1:t);
varpartial=var(:,1:t);
bapartial=ba(:,1:t);
bbpartial=bb(:,1:t);
keluar=0;
d=0;
for i=1:t-1
    if trvpartial(i)<bbpartial(i)
        keluar=keluar+1
        d=d+1
        yangkeluar(d)=i;
    end
    if trvpartial(i)>bapartial(i)
        keluar=keluar+1
        d=d+1
        yangkeluar(d)=i;
    end
end
x=1:t;
plot(x,trvpartial,'b.-',x,bapartial,'k.-',
     x,bbpartial,'k.-');
xlabel('Pengamatan ke-')
ylabel('Trace Vn');
```

Lampiran J. Tabel Nilai L

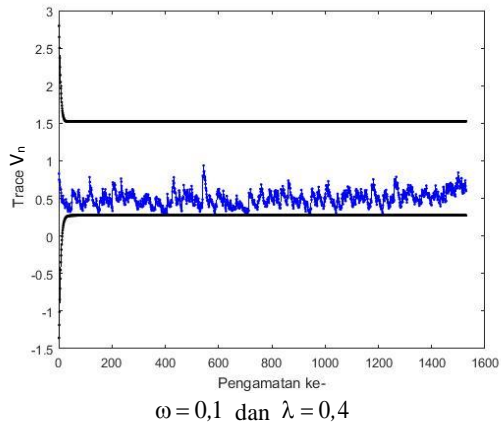
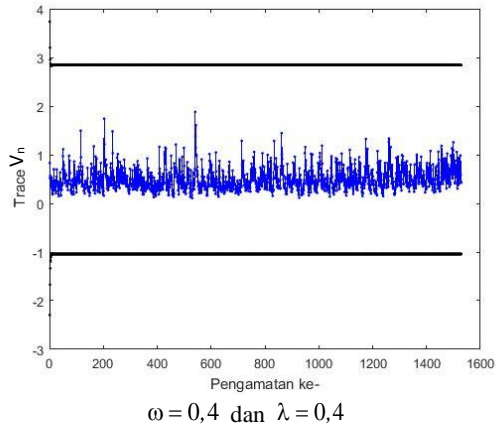
ω	λ	L	ω	λ	L	ω	λ	L
0.1	0.1	2.8725	0.4	0.1	4.1625	0.7	0.1	4.7281
	0.2	2.8738		0.2	4.1675		0.2	4.7313
	0.3	2.8800		0.3	4.1788		0.3	4.7288
	0.4	2.8838		0.4	4.1875		0.4	4.7325
	0.5	2.8900		0.5	4.1900		0.5	4.7350
	0.6	2.8975		0.6	4.2050		0.6	4.7450
	0.7	2.9038		0.7	4.2088		0.7	4.7250
	0.8	2.0138		0.8	4.2150		0.8	4.7225
	0.9	2.9238		0.9	4.2250		0.9	4.7100
0.2	0.1	3.4725	0.5	0.1	4.4000	0.8	0.1	4.8313
	0.2	3.4775		0.2	4.4000		0.2	4.8281
	0.3	3.4850		0.3	4.4050		0.3	4.8313
	0.4	3.4975		0.4	4.4150		0.4	4.8313
	0.5	3.5075		0.5	4.4225		0.5	4.8350
	0.6	3.5175		0.6	4.4225		0.6	4.8250
	0.7	3.5275		0.7	4.4300		0.7	4.8188
	0.8	3.5350		0.8	4.4350		0.8	4.8063
	0.9	3.5394		0.9	4.4350		0.9	4.8004
0.3	0.1	3.8675	0.6	0.1	4.5875	0.9	0.1	4.8053
	0.2	3.8725		0.2	4.5925		0.2	4.8000
	0.3	3.8800		0.3	4.5875		0.3	4.8900
	0.4	3.8850		0.4	4.5938		0.4	4.8900
	0.5	3.9000		0.5	4.6013		0.5	4.8950
	0.6	3.9100		0.6	4.6000		0.6	4.8813
	0.7	3.9213		0.7	4.5975		0.7	4.8725
	0.8	3.9325		0.8	4.6000		0.8	4.8638
	0.9	3.9413		0.9	4.5975		0.9	4.8475

Lampiran K. Peta Kendali MEWMV

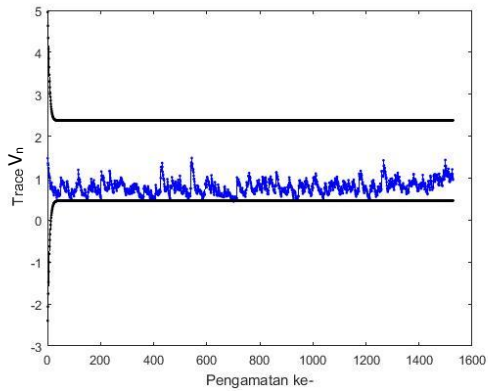


$\omega = 0,3$ dan $\lambda = 0,3$

Lampiran K. Peta Kendali MEWMV (Lanjutan)



Lampiran K. Peta Kendali MEWMV (Lanjutan)



$\omega = 0,1$ dan $\lambda = 0,2$ (perbaikan 1)

Lampiran L. Surat Keterangan Pengambilan Data



PT Perkebunan Nusantara X
Jalan Jembatan Merah No. 3-11 Surabaya 60175
Telepon : (031) 3523143 (Hunting) Fax : (031) 3523167
Homepage : <http://www.ptpn10.co.id>
E-mail : contact@ptpn10.co.id

Nomor : IC-RUPA-2/17.7
Lampiran : -
Perihal : LIN PENELITIAN

23 Januari 2018

Kepada :
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Kampus ITS Sukolilo
Surabaya 60111

Menunjuk surat dari PT. Perkebunan Nusantara X No. 003771/IT2.VI.9.2/TU.00.09/2018 tanggal 16 Januari 2018 perihal pengambilan data tugas akhir, dengan ini diberitahukan bahwa pada dasarnya kami dapat menyetujui/memberikan ijin kepada Mahasiswa/i Lembaga Saudara untuk melaksanakan Penelitian dan pengumpulan data guna penyusunan Tugas Akhir di unit kerja PT. Perkebunan Nusantara X.

- Nama : Eka Rahmadina Widlyantoro NRP 06211645000007 (1316 105 007)
- Sekolah : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Fakultas / Jurusan : Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data /Statistika
- Tingkat/Semester : -
- Waktu : 29 Januari s/d 31 Mei 2018
- Judul : Analisis Pengendalian Kualitas Nira di PG. Tjoekir Jombang dengan Diagram Kontrol Multivariat

- Tempat : - PG. Tjoekir

Bagi Mahasiswa/i diharuskan memiliki BPJS Ketenagakerjaan selama Penelitian dan jika penelitian tersebut belum selesai sampai dengan durasi waktu yang tercantum diatas, maka ybs WAJIB melakukan Perpanjangan Surat Setelah selesai melaksanakan kegiatan tersebut, WAJIB untuk menyerahkan laporannya dalam bentuk Softcopy (dimasukkan dalam CD dan diberi label) kepada Divisi SDM & HI Kantor Pusat PT. Perkebunan Nusantara X, Jl. Jembatan Merah No. 3 - 11 Surabaya.
Demikian hendaknya maklum.

PT. PERKEBUNAN NUSANTARA X



Tindakan :
- General Manager PG. Tjoekir

Fuj/52/184

Jujur Tulus Ikhlas

PT PERKEBUNAN NUSANTARA X

Lampiran M. Surat Keterangan Publikasi

SURAT KETERANGAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

1. Mahasiswa Statistika FMKSD-ITS dengan identitas berikut :

Nama : Eka Rahmadina Widiyantoro

NRP : 06211645000007

Telah mengambil data di instansi/perusahaan kami :

Nama Instansi : PG Tjoekir Jombang

Divisi/ bagian : *Quality Assurance*

sejak tanggal 29 Januari 2018 sampai dengan 31 Mei 2018 untuk keperluan Tugas Akhir/ ~~Thesis~~ Semester ~~Gasal~~/Genap* 2017/ 2018.

2. Tidak Keberatan/~~Keberatan~~* nama perusahaan dicantumkan dalam Tugas Akhir/ ~~Thesis~~* mahasiswa Statistika yang akan di simpan di Perpustakaan ITS dan dibaca di lingkungan ITS.
3. Tidak Keberatan/~~Keberatan~~* bahwa hasil analisis data dari perusahaan dipublikasikan dalam E journal ITS yaitu Jurnal Sains dan Seni ITS.

Jombang, 1 Februari 2018

Assistant Manager

Quality Assurance

PT. PERKEBUNYAN MUSANTARA X
PG. Tjoekir

Ongko Sanjoyo

NIP 000101923

*(coret yang tidak perlu)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Eka Rahmadina Widiyantoro yang biasa dipanggil Dina. Penulis dilahirkan di Surabaya, 22 Februari 1995 sebagai anak pertama dari dua bersaudara oleh pasangan suami istri, Ir. Widiyantoro dan Ir. Anna Susanti. Penulis bertempat tinggal di Surabaya dan telah menempuh pendidikan formal dimulai dari TK Idhata, SD Laboratorium UNESA (2001-2007), SMP Negeri 22 Surabaya (2007-2000), dan SMA Negeri 15 Surabaya (2010-2013), Diploma III Jurusan Statistika FMIPA ITS (2013-2016). Setelah lulus dari Diploma III, penulis melanjutkan studi Lintas Jalur Departemen Statistika FMKSD ITS Surabaya tahun 2016 yang ditempuh selama dua tahun (4 semester). Pada semester ke-3 Penulis mendapatkan kesempatan pengalaman Kerja Praktik di *Embassy of The Republic of Indonesia in Singapore*, dan pada semester ke-4 penulis mengembangkan minatnya dalam bidang mengajar dengan menjadi asisten dosen pada mata kuliah praktikum *Pengendalian Kualitas Statistika*. Segala kritik dan saran akan diterima oleh penulis untuk perbaikan kedepannya. Jika ada keperluan atau ingin berdiskusi dengan penulis dapat dihubungi melalui *e-mail* eka.rahmadina@gmail.com